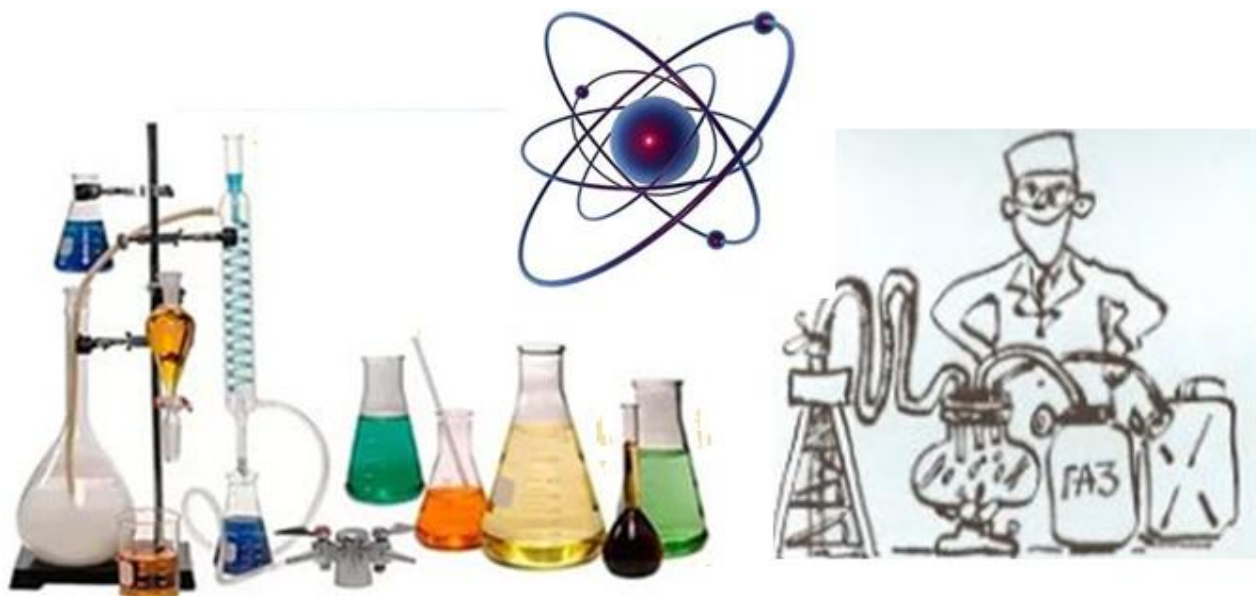


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

А.С.Быкова, А.В. Цыганков, Е.А. Посохов

# Хімія

Учебно-методическое пособие



Харьков 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

А.С. Быкова, А.В. Цыганков, Е.А. Посохов

ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие по курсу «химия» для студентов специальности  
«Добыча нефти и газа» и  
специальности «Управление и администрирование предприятий, торговая и  
биржевая деятельность»

Утверждено

редакционно-издательским

советом университета,

протокол № 1 от 22.06.2017 г.

Харьков  
НТУ «ХПИ»  
2018

УДК: 54 (076.5)

ББК: 24Я73

К\_\_

Рецензенты:

Л.В. Кричковская, д-р биол. наук, проф.,

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

НО. Мchedlov-Петросян, д-р хим. наук, проф.,

Харьковский национальный Университет им. В.Н. Каразина

У першій частині посібника розглянуто питання загальної і неорганічної хімії, причини формування нафтових дисперсних систем та їх колоїдно-хімічні властивості. У посібнику наведено контрольні запитання і завдання для закріплення теоретичного матеріалу, викладено завдання до лабораторних робіт.

Для студентів спеціальності «Видобуток нафти і газу» і спеціальності «Управління і адміністрування підприємств, торговельна і біржова діяльність».

**Быкова А.С.**

К\_\_ Химия: учеб.-метод. Пособ./ А.С. Быкова, А.В. Цыганков, Е.А. Посохов. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2017. – 103 с. – На рус. яз.

ISBN

В первой части пособия рассмотрены вопросы общей и неорганической химии, причины формирования нефтяных дисперсных систем и их коллоидно-химические свойства. В пособии приведены контрольные вопросы и задачи для закрепления теоретического материала, изложены задания к лабораторным работам.

Для студентов специальности «Добыча нефти и газа» и специальности «Управление и администрирование предприятий, торговая и биржевая деятельность».

Ил. \_\_ Табл \_\_ Библиогр. \_\_ наим.

УДК 629.78 (075)

ББК 39.62 Я73

ISBN

© А.С.Быкова,

А.В. Цыганков,

Е.А.Посохов, 2018.

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1. ПОРЯДОК РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

- 1.1. Меры предосторожности при выполнении лабораторных работ
- 1.2. Оказание первой помощи в лаборатории
- 1.3. Правила поведения при возникновении пожара в лаборатории

### 2. ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА

- 2.1. Посуда общего назначения
- 2.2. Мерная посуда
- 2.3. Химическая посуда специального назначения
- 2.4. Фарфоровая посуда
- 2.5. Подготовка посуды к работе

### 3. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С ВЕЩЕСТВАМИ

#### 3.1. Взвешивание

*Опыт 1.* Взвешивание на технохимических весах

*Опыт 2.* Взвешивание на аналитических полуавтоматических весах

#### 3.2. Фильтрование

*Опыт 3.* Разделение смеси нерастворимого твердого и жидкого вещества

#### 3.3. Определение температуры плавления

*Опыт 4.* Определение температуры плавления блочным методом

*Опыт 5.* Определение температуры плавления капиллярным методом

#### 3.4. Определение плотности

*Опыт 6.* Определение плотности пикнометрическим методом

*Опыт 7.* Определение плотности жидкости с помощью ареометра

#### 3.5. Определение температуры кипения

#### 3.6. Определение показателя преломления

### 4. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

#### 4.1. Перегонка

##### 4.1.1. Простая перегонка при атмосферном давлении

#### 4.1.2. Простая перегонка в вакууме

*Опыт 1.* Очистка и перегонка жидкостей

#### 4.1.3. Фракционная перегонка

*Опыт 2.* Разделение смесей жидкостей методом фракционной перегонки

#### 4.1.4. Перегонка с водяным паром

#### 4.2. Перекристаллизация

Лабораторная работа. Перекристаллизация

*Опыт 4.* Выделение растворенного вещества выпариванием

#### 4.3. Возгонка

*Опыт 5.* Очистка вещества методом возгонки

#### 4.4. Экстракция

### 5. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

*Опыт 1.* Приготовление раствора с заданной массовой долей растворенного вещества из навески твердого вещества и воды

*Опыт 2.* Приготовление раствора кислоты с заданной массовой долей из раствора кислоты с более высокой концентрацией

*Опыт 3.* Приготовление раствора кислоты с заданной молярной концентрацией или молярной концентрацией эквивалента

*Опыт 4.* Определение концентрации растворов титриметрическим методом

### 6. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВО ЭМУЛЬСИЙ

*Опыт 1.* Получение эмульсий

*Опыт 2.* Обращение фаз эмульсий

*Опыт 3.* Определение типа эмульсии

*Опыт 4.* Влияние соотношения объемов дисперсионной среды и дисперсной фазы на тип эмульсии

*Опыт 5.* Влияние вязкости дисперсионной среды на устойчивость эмульсии

*Опыт 6.* Приготовление концентрированной эмульсии толуола в воде

(эмульгатор – желатин)

*Опыт 7.* Разрушение эмульсии

## 7. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### 7.1. Химические свойства кислот

*Опыт 1.* Ознакомление со свойствами кислот

*Опыт 2.* Взаимодействие растворов обычных кислот с металлами

*Опыт 3.* Взаимодействие растворов кислот с основными оксидами

*Опыт 4.* Взаимодействие кислот с основаниями (реакция нейтрализации)

### 7.2. Химические свойства оснований

*Опыт 5.* Ознакомление со свойствами оснований

*Опыт 6.* Взаимодействие металлического натрия с водой

*Опыт 7.* Получение и термическое разложение оснований

*Опыт 8.* Получение и свойства амфотерных гидроксидов

*Опыт 9.* Реакция нейтрализации

### 7.3. Получение и свойства оксидов

*Опыт 10.* Получение основного оксида

*Опыт 11.* Взаимодействие основного оксида с водой

*Опыт 12.* Получение кислотного оксида

*Опыт 13.* Получение и свойства оксида меди(II)

*Опыт 14.* Горение алюминия

### 7.4. Получение и химические свойства солей

*Опыт 15.* Взаимодействие солей с металлами

*Опыт 16.* Получение солей реакцией обмена

*Опыт 17.* Взаимодействие алюминия с иодом

*Опыт 18.* Взаимодействие солей железа(III) с тиоцианат – ионами

## 8. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

Лабораторная работа. Электролитическая диссоциация

*Опыт 1.* Изучение электрической проводимости растворов

*Опыт 2.* Зависимость электрической проводимости раствора (степени диссоциации электролита) от разбавления

*Опыт 3.* Изменение электрической проводимости раствора в результате смещения ионного равновесия

*Опыт 4.* Влияние одноименного иона на степень диссоциации слабого электролита (смещение равновесия диссоциации)

*Опыт 5.* Смещение ионного равновесия в насыщенном растворе амфотерного электролита

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

*Приложение 1*

*Приложение 2*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

# 1. ПОРЯДОК РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. К выполнению лабораторного практикума допускаются студенты, изучившие порядок работы в химической лаборатории, освоившие раздел «Меры предосторожности при выполнении лабораторных работ» и прослушавшие инструктаж по технике безопасности. Студенты подтверждают знание правил безопасности собственными подписями в журнале. Несчастные случаи (ожоги, ранения, отравления) в лаборатории возникают вследствие недостаточного ознакомления работающих с соответствующими инструкциями по охране труда и технике.

2. Подготовка к лабораторной работе является одним из видов самостоятельной работы студентов и осуществляется заранее. Для этого необходимо:

- предварительно проработать соответствующие разделы теоретического курса по учебнику и конспекту лекций в соответствии с I разделом лабораторной работы;
- письменно, в тетради для лабораторных работ, дать ответы на вопросы и решить задачи, приведенные в разделе II данной работы;
- внимательно ознакомиться с содержанием предстоящей лабораторной работы и, по возможности, заранее оформить экспериментальную часть (раздел III лабораторной работы), оставив место для записей соответствующих наблюдений и выводов во время проведения лабораторных работ.

3. Все лабораторные работы выполняются каждым студентом самостоятельно на своем рабочем месте, которое закрепляется за ним на все время практикума.

4. При выполнении работ необходимо соблюдать все меры предосторожности, последовательность операций и количественные соотношения веществ, указанные в руководстве.

Запрещается проводить эксперименты, не предусмотренные данной лабораторной работой.
---



5. Для записи результатов опытов необходимо иметь отдельную тетрадь, на которой должны быть указаны наименование практикума, фамилия и инициалы студента, а так же его группа.

6. Записи в тетради для лабораторных работ должны быть краткими, четкими и заноситься сразу же после окончания каждого опыта. Отчет о выполненной лабораторной работе должен быть аккуратно оформлен и содержать следующие сведения:

- ✓ дату выполнению лабораторной работы;
- ✓ номер и название работы;
- ✓ номера параграфов и названия опытов в экспериментальной части;
- ✓ рисунки приборов или схемы установок;
- ✓ уравнения всех проделанных реакций;
- ✓ необходимые расчеты;
- ✓ результаты наблюдений;
- ✓ подробные выводы;
- ✓ ответы на вопросы и упражнения к данной лабораторной работе.

### **1.1 Меры предосторожности при выполнении лабораторных работ**

1. Дежурный студент перед началом работы получает необходимые для работы группы приборы и реактивы и размещает их на рабочих местах. На рабочем месте может находиться только рабочий журнал и необходимые приборы и реактивы.

2. В химической лаборатории разрешается работать только при наличии халата, длинные волосы должны быть убраны под шапочку или собраны.

3. В лаборатории **категорически** запрещается принимать пищу и пить.

4. Все реактивы индивидуального пользования (разбавленные водные растворы кислот солей и оснований) находятся на рабочих столах в специальных штативах в склянках с пипетками. Необходимые для проведения лабораторных работ реактивы общего пользования находятся в вытяжном шкафу. Там же, в

специальных поддонах, расположены концентрированные растворы кислот и щелочей. После использования реактива склянку следует тотчас же закрыть и поставить на место.

5. При работе с сухими веществами их следует брать специальной ложечкой или шпателем.

6. Если реактив случайно взят в избытке, то его нельзя выливать (высыпать) из пробирки обратно в склянку.

7. Все работы, связанные с применением или получением ядовитых или неприятно пахнущих веществ, а также с использованием концентрированных кислот и щелочей, проводятся в вытяжном шкафу при включенной вытяжной вентиляции, глаза при этом защищают очками.

8. Запрещается выносить из лаборатории реактивы, посуду и оборудование и проводить эксперименты, не предусмотренные в методических указаниях к данной лабораторной работе.

9. При нагревании растворов в пробирке необходимо пользоваться специальным держателем. Отверстие пробирки должно быть направлено в сторону от себя и соседей.

10. Запах вещества следует определять осторожно, направляя воздух над склянкой или пробиркой легким движением руки к себе.

11. При разбавлении серной кислоты следует строго соблюдать правило – **добавлять кислоту в воду!**

12. Попавшую на лицо или руки кислоту необходимо тотчас же смыть сильной струей воды и на обожженное место наложить повязку из ваты, смоченной разбавленным раствором пищевой соды.

13. Попавшую на лицо или руки щелочь следует тотчас же смыть сильной струей воды и положить повязку из ваты, смоченной разбавленным раствором борной кислоты.

14. Поврежденную горячими предметами кожу следует смочить раствором перманганата калия.

15. Необходимо остерегаться отравления такими газообразными веществами, как хлор, пары брома, сероводород, оксид углерода (II). В случае отравления следует вынести пострадавшего на воздух и обратиться к врачу.

**Во всех случаях (пункты 12–15) необходимо поставить в известность преподавателя или дежурного инженера.**

16. После окончания работы необходимо вымыть всю посуду, сдать все дежурному, убрать свое рабочее место, выключить нагревательные приборы, электрическое освещение, воду и газ, вымыть руки.

## **1.2. Оказание первой помощи в лаборатории**

В лаборатории бывают случаи, требующие неотложной медицинской помощи, – порезы рук стеклом, ожоги горячими предметами, кислотами, щелочами. В особо серьезных случаях необходимо обратиться к врачу.

***Для оказания первой помощи в лаборатории имеется аптечка.***

1. При ранении стеклом удалите осколки из раны, удалите кровь вокруг раны ватой, смоченной слабым раствором спирта или раствором перманганата калия. Затем смажьте края раны раствором йода и перевяжите бинтом. В случае сильного кровотечения туго перевяжите рану выше пореза жгутом. Удалите кровь с кожи вокруг раны, наложите несколько слоев стерильной марли и толстый слой ваты, забинтуйте место пореза.

2. При ожоге рук или лица кислотой или щелочью смойте реактив большим количеством воды в течение 3–5 минут, затем либо разбавленной уксусной кислотой (в случае ожога щелочью), либо раствором соды (в случае ожога кислотой), а затем опять водой. Нельзя смывать кислоту мылом, так как выделяющиеся при этом жирные кислоты не позволяют хорошо удалить кислоту. При ожоге кожи растворами щелочей промывайте водой обожженный участок до тех пор, пока кожа не перестанет быть скользкой на ощупь. После этого можно наложить повязку из ваты, смоченной спиртовым раствором танина

или 3% – раствором перманганата калия. При сильных ожогах после оказания первой помощи обратитесь к врачу.

3. При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обработайте свежеприготовленным раствором перманганата калия, смажьте обожженное место мазью от ожога или вазелином. Можно присыпать ожог содой и забинтовать. Очень хорошо при небольших ожогах смочить вату спиртом и приложить ее к месту ожога на 2–3 минуты.

4. При химических ожогах глаз обильно промойте их большим количеством воды комнатной температуры, затем обратитесь немедленно к врачу.

5. При отравлении газами (хлором, парами брома, оксидом углерода ( II ), сероводородом) необходимо вывести пострадавшего на свежий воздух и сразу же обратиться к врачу.

### **1.3. Правила поведения при возникновении пожара в лаборатории**

1. При возникновении пожара в лаборатории необходимо срочно выключить все электрические приборы и перекрыть подачу газа. Место пожара необходимо засыпать песком или накрыть противопожарной одеялом и потушить огонь с помощью огнетушителя.

2. Применять воду для тушения пожара надо осторожно, потому что вода в некоторых случаях способствует увеличению пожара.

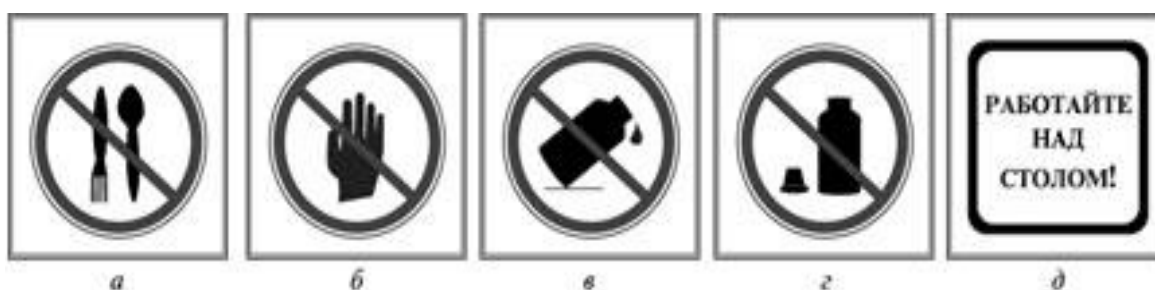


Рисунок 1.1

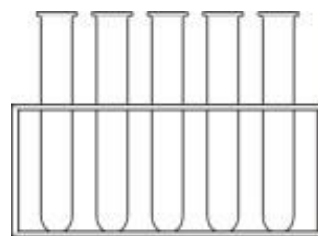
Запрещается пробовать вещества на вкус (рис.1.1, а), брать вещества руками (рис. 1.2, б), оставлять неубранными рассыпанные или разлитые реактивы (рис. 1.1, в), оставлять открытыми склянки с жидкостями и банки с сухими веществами (рис. 1.1, г); работу проводить только над столом (рис. 1.1, д).

## 2. ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА

Различают химическую посуду: общего назначения; мерную; специального назначения.

### 2.1. Посуда общего назначения

Пробирки представляют собой узкие цилиндрической формы сосуды с закругленным дном. Применяются для проведения химических опытов микрохимическим и полумикрохимическим методами с небольшими количествами реактивов.



Пробирки бывают простые и градуированные.

Рисунок 2.1

Хранят пробирки в деревянных, пластмассовых или металлических штативах (рис. 2.1). Капельницы используют для введения реактивов небольшими порциями, по каплям (рис. 2.2).

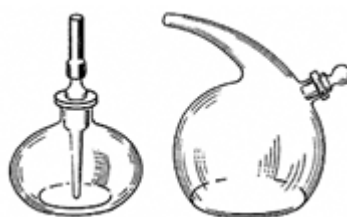


Рисунок 2.2

Стеклянные палочки толщиной несколько миллиметров и длиной 20–30 см используют для перемешивания жидкостей.

Часовые стекла (рис. 2.3) нужны при исследовании кристаллов и вообще при работе с малыми количествами реактивов, в частности при выполнении капельных цветных реакций.



Рисунок 2.3

Воронки (рис. 2.4) служат для переливания и приливания жидкости, для разделения жидкостей, для фильтрования и так далее.

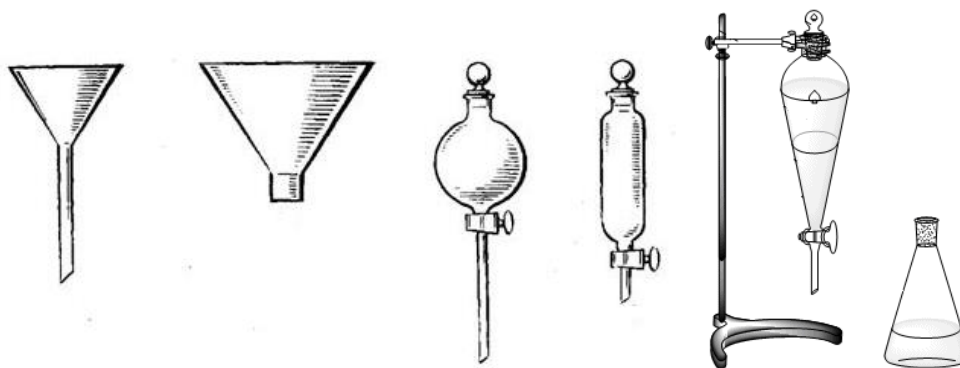


Рисунок 2.4

Химические стаканы (рис. 2.5) представляют собой тонкостенные цилиндры различной емкости, изготовленные из химически стойкого и тугоплавкого стекла равномерной толщины. Их используют как вспомогательную посуду для взбалтывания растворяемых веществ, нагрева, смешивания или слива растворов.



Рисунок 2.5

Колбы (рис. 2.6) бывают разнообразных форм и размеров, со шлифом и без шлифа на горле.



Рисунок 2.6

Промывалки (рис. 2.7) служат для смыва осадков со стенок сосудов и промывки кювет.

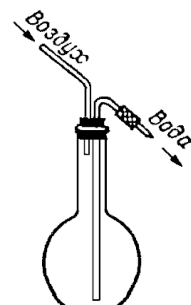


Рисунок 2.7

## 2.2. Мерная посуда

Мерной называют посуду, применяемую для измерения объема жидкости.

Мерные цилиндры и мензурки – градуированные стеклянные толстостенные сосуды с нанесенными на наружной стенке делениями, указывающими объем в миллилитрах. Их применяют в тех случаях, когда измерение объема жидкости не требует большой точности. Для точного измерения объема жидкости используют *пипетки*, *бюретки* и *мерные колбы*.

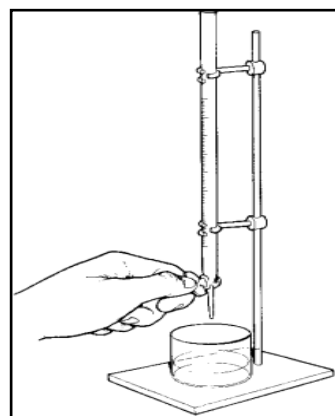
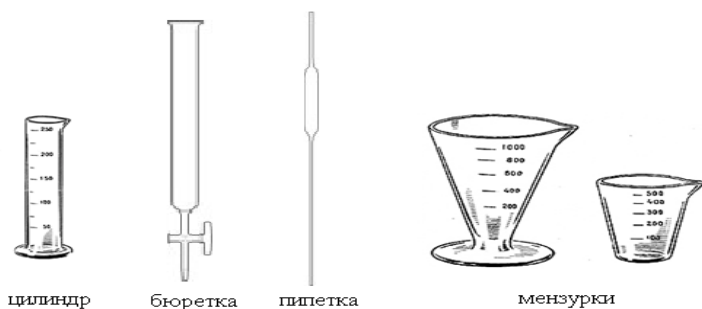
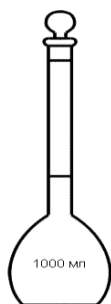


Рисунок 2.8

Бюретка (рис. 2.8) представляет собой градуированную стеклянную трубку с притертым краном и служит для точного измерения расхода жидкости при титровании.



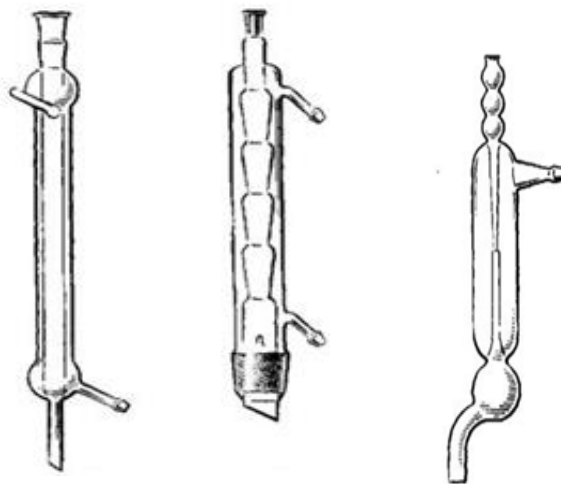
Колбы мерные (рис. 2.9) предназначены для проведения различных аналитических работ, разбавления растворов, растворения веществ в определенном объеме соответствующего растворителя, приготовления растворов заданных концентраций и т.д.

Рисунок 2.9

### 2.3. Химическая посуда специального назначения

*Холодильники* – приборы для охлаждения и конденсации паров, образующихся при нагревании различных веществ. Их применяют при перегонке, экстракции и других процессах.

Стеклянные холодильники состоят из внутренней трубки и окружающей ее рубашки или муфты. Внутренняя трубка у



а

б

в

холодильников Либиха (прямых холодильников) прямая (рис. 2.10, а), а во многих холодильниках более новых типов она состоит из шарообразных расширений (рис. 2.10, б) или имеет форму змеевика (рис. 2.10, в). Такая форма позволяет увеличить поверхность охлаждения. Через рубашку должна проходить охлаждающая вода.

Рисунок 2.10

*Водоструйные насосы* – насосы, создающие разрежение благодаря тому, что воздух засасывается в них струей воды. Сосуд, из которого отсасывается воздух, соединяется с насосом толстостенным резиновым (так называемым



вакуумным) шлангом, потому что стенки обычных резиновых трубок слипаются и соединение нарушается. Сосуды, из которых отсасывают воздух, должны быть толстостенными и безупречно надежными. При их выборе нужно обращать внимание даже на самые мелкие трещины.



*Колба Бунзена* (изготовлена из очень толстого стекла) и воронка Бюхнера (фарфоровая) (рис. 2.11) – прибор для фильтрования под вакуумом.

Рисунок 2.11

*Эксикаторы* (рис. 2.12) – стеклянные емкости с крышкой с краном либо без крана. Их применяют для хранения веществ, легко поглощающих влагу, и для высушивания веществ. Для этого в нижнюю часть эксикатора помещают вещества, которые способны поглощать воду:  $\text{CaCl}_2$  (безводный),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (концентрированная),  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Над водоотнимающим веществом кладут фарфоровый вкладыш, на который ставят бюксы или тигли с веществом.

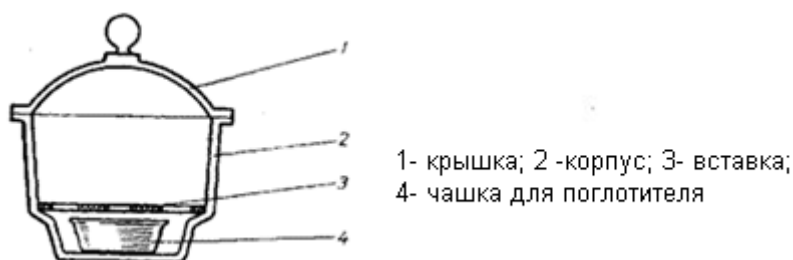


Рисунок 2.12

## 2.4. Фарфоровая посуда

Так же как и тонкостенная стеклянная посуда, тонкостенная посуда из фарфора не боится нагревания (рис. 2.13). Выпарительные чашки нужны для упаривания растворов. Тигли незаменимы для прокаливания твердых веществ, плавления металлов и т. д. Ступки с пестиком служат для измельчения твердых веществ.

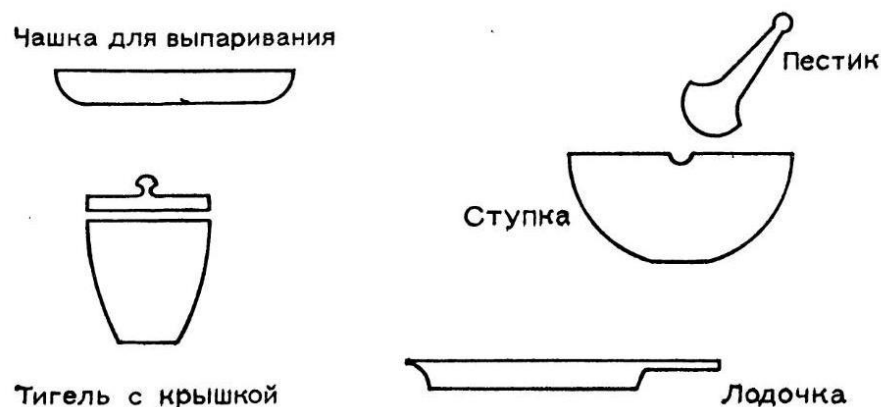


Рисунок 2.13

## 2.5. Подготовка стеклянной посуды к работе

Стеклянная посуда, используемая при химических исследованиях, должна быть чистой. Механические загрязнения удаляют специальными щетками (ершиками). Затем посуду моют обычной водой. Если на стенках остаются несмываемые водой жировые пятна, то процесс мытья повторяют, применяя раствор мыла или соды. Для мытья очень грязной посуды используют раствор «хромовой смеси» (раствор  $K_2Cr_2O_7$  в концентрированной серной кислоте). Для приготовления хромовой смеси в концентрированную серную кислоту (1:1) добавляют около 3% растертого в порошок  $K_2Cr_2O_7$  и в фарфоровой чашке осторожно нагревают на водяной бане до растворения соли.

*Обработку посуды хромовой смесью следует проводить с большой осторожностью, помня, что при попадании на кожу хромовая смесь вызывает болезненные ожоги, а при попадании на одежду – разрушает ткань!*

Небольшим количеством хромовой смеси обмывают внутреннюю поверхность посуды. Через 5–7 минут хромовую смесь сливают в склянку, в которой она хранится. Посуду 3–5 раз промывают водой, а затем ополаскивают дистиллированной водой. При мытье посуды хромовой смесью нельзя пользоваться ершиками.

Посуда считается чистой, если с внутренних стенок ее при опрокидывании вода стекает сплошной пленкой и на стенках посуды не остается капель воды. Вытирать вымытую посуду запрещается. Чтобы посуда была сухой, ее

помещают в сушильный шкаф или сушат на специальной доске с колышками. Доска обычно размещается над раковиной для мытья посуды. Чистые пипетки, пробирки, стеклянные палочки после мытья и сушки помещают в специальные подставки (штативы).

### 3. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С ВЕЩЕСТВАМИ

#### 3.1. Взвешивание

*Взвешиванием* называют сравнение массы данного тела с массой гирь, которая известна и выражена в определенных единицах (мг, г, кг и др.). Весы являются важнейшим прибором в химической лаборатории, т.к. почти ни одна работа в ней не обходится без определения массы того или иного вещества.

В зависимости от точности, с которой проводят взвешивание, весы разделяют на следующие группы:

- 1) для грубого взвешивания (точность до граммов);
- 2) для точного взвешивания (точность от 1 до 10 мг);
- 3) аналитические (точность от 0,0001 до 0,0002 г);
- 4) специальные (пробирные, торсионные и пр.).

Каждые весы имеют свой набор гирь (разновесов), расположенных в футляре в определенной последовательности. Каждая гирька помещается в отдельное гнездо футляра. Разновесы массой в 1 г и более имеют вид гирек. Миллиграммовым разновесам, изготовляемым из листового алюминия, придают различную форму, позволяющую легче заметить и взять нужную.

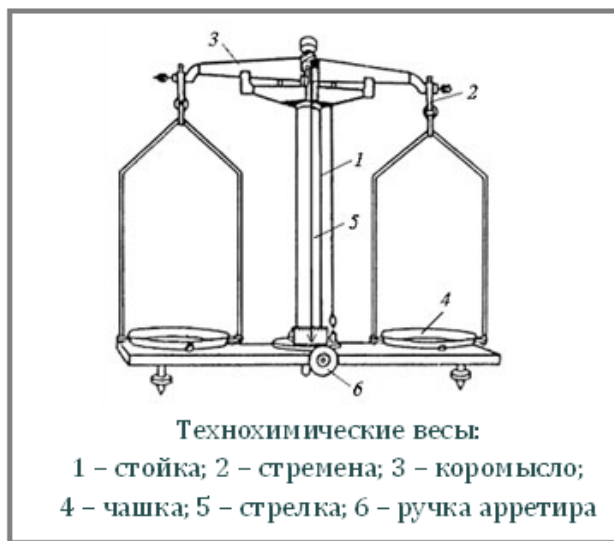


Рисунок 3.1

Чтобы не загрязнить разновесы, их берут только пинцетом, который также находится в футляре.

Для точного взвешивания применяют теххимические весы (рис. 3.1), их грузоподъемность может составлять от 200 г до нескольких килограммов. В отличие от весов для грубого взвешивания, у весов для точного взвешивания имеется так называемое арретирное устройство и балансировочные гайки.

При помощи арретирного устройства самые ответственные части весов (призмы коромысла и подушки) в нерабочем положении (арретированные весы) отделяются и не касаются площадок. Это предохраняет призму от износа, а весы – от потери чувствительности. При взвешивании весы приводят в рабочее положение поворотом ручки арретира. Если при опускании арретира весы не будут находиться в равновесии, то сначала это равновесие достигается при помощи балансировочных гаек.

Аналитические весы АДВ-200 (рис. 3.2) позволяют взвешивать с точностью до 0,0002 г при нагрузке, не превышающей 200 г. Для весов этого типа в наборе разновесов имеются только граммовые гири. Миллиграммовые разновесы имеют вид колец и подвешены внутри весов. При помощи системы рычагов они навешиваются на специальную планку, прикрепленную к правому плечу коромысла. Навешивание осуществляется при помощи двух вращающихся дисков с



Рисунок 3.2

нанесенными на них цифрами. Поворотом внешнего диска можно навесить разновесы от 100 до 900 мг, при вращении внутреннего диска навешиваются разновесы от 10 до 90 мг. Миллиграммы и их десятые доли определяют по величине отклонения стрелки от нулевого деления шкалы. Увеличенное изображение микрошкалы наблюдают с помощью оптического приспособления на световом экране, так называемого вейтографа. Осветитель экрана включается автоматически при повороте арретира. Каждое деление микрошкалы,

обозначенное цифрой, отвечает нагрузке в 1 мг. Расстояние между двумя соседними делениями разделено на 10 частей, каждая из которых соответствует 0,1 мг. Следовательно, отсчет по шкале вейтографа дает третий и четвертый десятичные знаки определяемого веса (в граммах).

Работая с весами, необходимо соблюдать следующие **правила**:

- 1) во время взвешивания не сдвигайте весы с занимаемого ими места, не облокачивайтесь на полку, на которой установлены весы;
- 2) Класть взвешиваемое вещество и разновесы, а также снимать груз с весов можно только при арретированных (выключенных) весах.
- 3) прежде чем поставить взвешиваемый предмет на левую чашку весов, проверьте, нет ли загрязнений на его внешней поверхности;
- 4) нельзя класть взвешиваемое вещество непосредственно на чашку весов, все вещества взвешивают в соответствующей таре: бюксах, тиглях или на часовых стеклах;
- 5) нельзя ставить на чашку весов теплые (или холодные) предметы, взвешиваемое тело должно предварительно остыть (или нагреться) в эксикаторе до комнатной температуры;
- 6) нельзя нагружать весы сверх предусмотренной для них предельной нагрузки;
- 7) диск арретира поворачивайте медленно, плавно, осторожно.



### Опыт 3.1.1. Взвешивание на технохимических весах

1. Отрегулируйте арретиром весы. При правильной установке весов острие отвеса должно совпадать с вершиной конуса, находящегося у подножки колонки. У некоторых типов весов вместо отвесов имеются жидкостные уровни с пузырьком воздуха. Если при опускании арретира весы не будут находиться в равновесии, его добиваются при помощи балансировочных гаек. Гайки перемещают, переводя весы в нерабочее состояние.

2. Взвешиваемое вещество кладите на левую чашку весов, разновесы на правую.
3. Разновесы брать только пинцетом и при снятии с весов класть сразу в те гнезда футляра, из которых они были взяты.
4. После взвешивания чашка весов должна оставаться чистой.
5. По окончании работы проверьте разновесы. Весы арретировать (привести в нерабочее состояние).



### Опыт 3.1.2 Взвешивание на аналитических полуавтоматических весах

1. Подключить весы к источнику тока.
2. Повернуть ручку арретира и наблюдать за перемещением освещенной шкалы. Если нуль шкалы не совпадает с отсчетной линией, то небольшим вращением корректора, находящегося немного выше штурвала арретира, добиться их совпадения. Повернуть ручку и заарретировать весы.
3. Открыть левую дверку витрины и поместить в центр чашки весов взвешиваемый предмет. Закрыть дверку.
4. Открыть правую дверку и приступить к взвешиванию, накладывая гири пинцетом из разновеса обычным способом. За показанием весов наблюдать, открыв арретир. Если микрошкала на экране перемещается влево от отсчетной линии, взвешиваемое тело тяжелее гирь, положенных на правую чашку. Арретир следует закрыть и положить новые гири. (Для облегчения работы предмет следует взвесить предварительно на теххимических весах с точностью до второго знака после запятой, т.е. до 0,01 г.)
5. Если гиря в 1 г окажется избыточной, ее снять и приступить к автоматическому накладыванию миллиграммовых гирь с помощью дисков.
6. С помощью наружного диска помещают на плечо коромысла гирьки от 100 до 900 мг, т.е. сотни миллиграммов, с помощью внутреннего диска помещают гирьки массой от 10 до 90 мг, т.е. до сотни мг. Когда последняя

гирька внутреннего диска окажется избыточной, диск перевести на одно деление назад и дать весам успокоиться. На световой шкале видно, какое деление шкалы совпало с неподвижной линией. Если величина на шкале имеет знак (+), то она суммируется с весом гирек, если (–), то из общего веса гирек она вычитается. Таким образом мы получаем третий и четвертый знаки после запятой в значении массы взвешиваемого предмета в граммах.

### 3.2 Фильтрация

Фильтрация проводят для отделения осадка от жидкой фазы при разделении веществ, их очистке, при промывании осадка и т.д.

Для отделения твердых частиц от жидкости в простейшем случае сливают жидкость с осадка (способ декантации), в других случаях используют фильтрацию через воронку с фильтром. В качестве фильтрующих материалов в лаборатории используют различные органические и неорганические вещества. Фильтрующие материалы могут быть:

- а) волокнистыми (вата, шерсть, различные ткани, синтетические волокна);
- б) зернистыми (кварцевый песок);
- в) пористыми (бумага, керамика, прессованное стекло).

Выбор фильтрующего материала зависит от требований к чистоте раствора, а также от его свойств. Необходимо помнить, что для фильтрации нельзя использовать материалы, каким-либо образом взаимодействующие с фильтруемой жидкостью.

Например, щелочи, особенно концентрированные, нельзя фильтровать через фильтр из прессованного стекла и других материалов, содержащих диоксид кремния, так как  $\text{SiO}_2$  растворяется в щелочах.

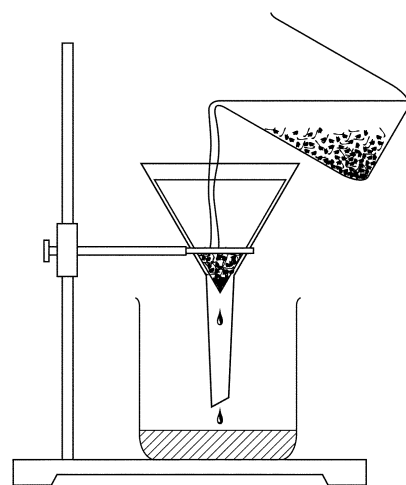


Рисунок 3.3 – Фильтрация при атмосферном давлении

Эффективность фильтрования зависит от пористости фильтра, а также от перепада давления по обе стороны от фильтра. Фильтры изготавливаются чаще всего из различных сортов фильтровальной бумаги (рис. 3.4), стеклоткани, пористого стекла и фторопласта.

Для простого фильтрования (рис. 3.3) используют воронку со складчатым фильтром.

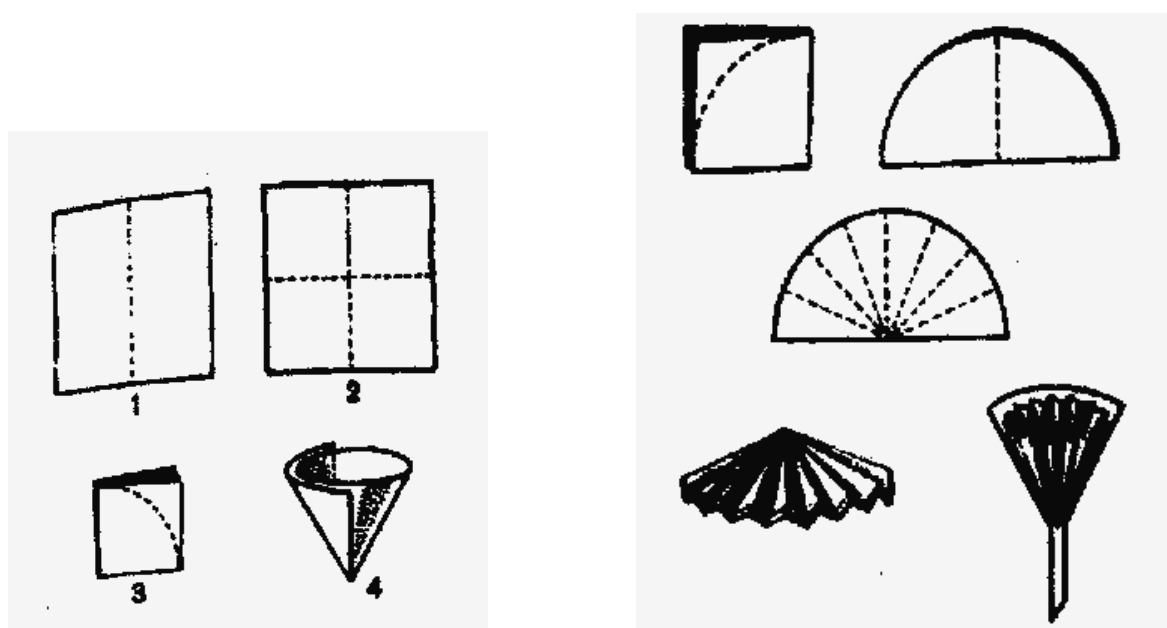


Рисунок 3.4 – Изготовление фильтров:

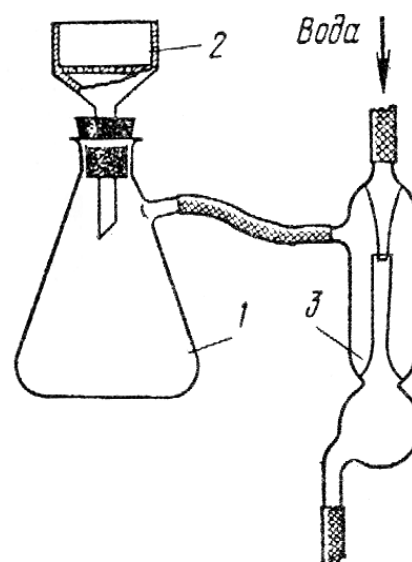
а) гладкий

б) складчатый

Более эффективное фильтрование проводят под вакуумом (рис. 3.5), для чего обычно используют два типа фильтровальных воронок: "воронки Шотта" с пористой стеклянной пластинкой и воронки Бюхнера, снабженной хорошо подогнанным бумажным фильтром, соединенные с колбой Бунзена.

Бумажный фильтр предварительно смачивают на воронке растворителем, затем раствор с кристаллами переносят на бумажный фильтр.

Отсасывание маточной жидкости обеспечивается водоструйным насосом,





подключенным к колбе Бунзена через предохранительную склянку. Необходимая скорость фильтрования достигается регулировкой струи воды в водоструйном насосе, который создает пониженное давление в колбе Бунзена.

Для удаления остатков маточного раствора влажные кристаллы промывают несколькими порциями минимального количества растворителя при аккуратном перемешивании кристаллов.

Иногда осадок на фильтре только пропитывают растворителем, и затем включают вакуум для его отсасывания.

Рисунок 3.5 – Прибор для фильтрования под вакуумом

1–колба Бунзена

2– воронка Бюхнера

3–водоструйный насос

Кристаллы на фильтре отжимают от растворителя плоской стороной стеклянной пробки, далее осадок направляют на высушивание.



Опыт 3.2.1 Разделение смеси нерастворимого твердого и жидкого вещества.

**а) Фильтрование через бумажный фильтр (гладкий или складчатый).**

Для проведения фильтрования стеклянную воронку укрепляют на кольце штатива. В воронку помещают бумажный фильтр и смачивают его водой. Фильтруемую жидкость (часть приготовленной суспензии) аккуратно вливают по стеклянной палочке в воронку с фильтром. Воронку следует устанавливать таким образом, чтобы конец ее касался стенки сосуда для сборки фильтрата.

Нарисуйте схему и назовите оборудование, использованное для фильтрования через бумажный фильтр.

**б) Фильтрование под вакуумом.**

Для проведения фильтрования с использованием данного метода собирают прибор для вакуумного фильтрования (рис. 3.5), состоящий из воронки Бюхнера,

колбы Бунзена для вакуумного фильтрования и вакуумного насоса (например, водоструйного). Размер фарфоровой воронки Бюхнера выбирают, сообразуясь с предполагаемым количеством осадка. Чем больше осадка, тем крупнее должна быть воронка. Между водоструйным насосом и колбой Бунзена желательно поставить предохранительную склянку, для предупреждения возможности переброса воды из водоструйного насоса в колбу. Внутри воронки на ее сетчатое дно кладут кружок фильтровальной бумаги, вырезанный точно по внутреннему диаметру воронки Бюхнера, смачивают его дистиллированной водой и включают водоструйный насос. Фильтруемую жидкость (часть приготовленной суспензии) переносят на фильтр, наливая ее по стеклянной палочке. Фильтрование заканчивают, когда из воронки перестанут стекать капли раствора.

Нарисуйте схему и назовите оборудование, использованное для фильтрования под вакуумом.

### 3.3 Определение температуры плавления

При нагревании твердое тело переходит в жидкое состояние - плавится. Согласно термодинамическому определению, ***температура плавления это температура, при которой твердое тело находится в равновесии с жидкой фазой при насыщенной фазе пара.*** Температура во время плавления, как это следует из правила фаз, остается постоянной до тех пор, пока все твердое тело не превратится в жидкость.

Температура плавления ( $T_{пл.}$ ) для многих органических соединений является критерием чистоты. Обычно чистое вещество плавится в ***очень узком интервале температур*** (от нескольких десятых долей градуса до одного градуса), т.е. практически при одной температуре. Даже незначительное загрязнение вещества существенно ***понижает*** температуру плавления, расширяя температурный интервал до нескольких градусов. Следовательно, по

температуре плавления можно также в определенной степени судить о чистоте плавящего вещества.

### 3.3.1 Определение температуры плавления блочным методом



Металлический блок (рис. 3.6), в котором имеется отверстие для термометра, укрепляется на штативе при помощи кольца. Для лучшей теплопроводности нижний конец термометра обвертывают серебряной проволокой и вставляют в отверстие до предела. Нагревают блок при помощи микроргорелки с **возможно** Рисунок 3.6

**меньшим пламенем.**

На полированную поверхность блока помещают небольшое количество тонко измельченного высушенного вещества. Подъем температуры регулируют таким образом, чтобы он составлял  $1^\circ$  в 30 секунд. Отмечают температуру, при которой вещество мгновенно плавится.

### 3.3.2 Определение температуры плавления капиллярным методом

1. Высушенное испытуемое вещество, предварительно растертое в ступке в тончайший порошок, помещают в запаянный с одного конца капилляр диаметром около 1 мм и длиной 50–70 мм. Для этого открытый конец капилляра погружают в испытуемое вещество. В капилляр, таким образом, попадает некоторое количество испытуемого вещества. Для уплотнения вещества капилляром постукивают по твердой поверхности или бросают капилляр несколько раз в стеклянную трубку диаметром 6–8 мм, длиной 50–60 мм, поставленную вертикально на стекло. Высота столбика вещества в капилляре после уплотнения должна быть около 3 мм.

2. Затем капилляр с веществом прикрепляют к термометру резиновым колечком. Капилляр располагают так, чтобы заключенное в нем вещество находилось на уровне середины шарика термометра. Термометр с капилляром помещают в прибор. В качестве теплопередающей среды в колбу заливают серную кислоту или силиконовое масло.

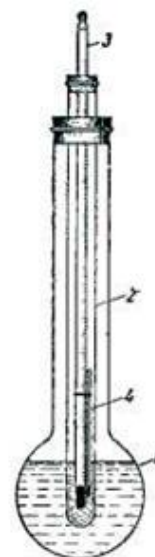


Рис 3.3.1 Прибор для определения температуры плавления

1 - колба, заполненная теплоносителем;  
2 - пробирка для термометра;  
3 - термометр; 4 - капилляр с веществом

3. Колбу прибора (рис.3.7) нагревают до температуры на 10–20 °С ниже предполагаемой температуры плавления вещества. Затем нагревание ведут так, чтобы поднималась на 2–3 °С в минуту, а за 5 °С до ожидаемой температуры плавления на 0,5 °С в минуту. Внимательно наблюдают за состоянием вещества.

Рисунок 3.7 температура

4. Отмечают появление первых капель жидкости или начало спадания вещества и регистрируют температуру начала плавления. Конец плавления отмечают, когда исчезнут последние крупинки твердого вещества.

Теоретически чистое вещество должно иметь постоянную температуру плавления независимо от того, где и кем проводилось определение. Однако, подобно другим методам, определение температуры плавления подвержено на практике влиянию различных факторов. Сюда могут относиться:

- различие в образце, взятом для анализа, и в обработке, которой подвергается образец,
- различие в приборах,
- погрешность термометра,
- изменение в скорости подъема температуры,
- различие в комнатной температуре и,
- наконец, различие среди персонала, выполняющего определение, их методика и интерпретации температуры плавления.

Учет и оценка степени влияния всех факторов на результаты опыта являются важной частью определения температуры плавления.

### 3.4 Определение плотности

В химических лабораториях часто приходится измерять плотность растворов и других жидкостей. В литературе прежних лет и в справочниках старых изданий приводятся таблицы удельных весов растворов и твердых тел. Этой величиной пользовались вместо плотности, являющейся одной из важнейших физических величин, которыми характеризуют свойства вещества.

Плотностью вещества называют отношение массы тела к его объему:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где  $\rho$  - плотность;  
 $m$  - масса тела, г;  
 $V$  - объем тела, см<sup>3</sup>

Обычно плотность раствора увеличивается с увеличением концентрации растворенного вещества (если оно само имеет плотность больше, чем растворитель). Но имеются вещества, для которых увеличение плотности с увеличением концентрации идет только до известного предела, после которого при увеличении концентрации происходит уменьшение плотности.

Например, серная кислота имеет наивысшую плотность, равную 1,8415 при концентрации 97,35%. Дальнейшее увеличение концентрации сопровождается уменьшением плотности до 1,8315, что соответствует 99,31%. Уксусная кислота имеет максимальную плотность при концентрации 77 – 79%, а 100% – ная уксусная кислота имеет ту же плотность, что и 41% – ная.

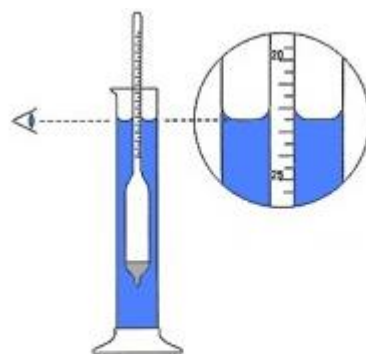


Рис. 3.4.1 Измерение плотности жидкости с помощью ареометра

Рисунок 3.8

Относительная плотность с повышением температуры уменьшается, с понижением ее — увеличивается. При определении относительной плотности необходимо отмечать температуру, при которой оно проведено, и полученные величины сравнивать с табличными данными, определенными при той же температуре.

Для быстрого определения плотности жидкости применяют ареометры. Ареометр — это стеклянный поплавок, в верхней узкой части которого имеется шкала с делениями, указывающими плотность. Чем меньше плотность раствора, тем глубже погружается в него ареометр. В сухой узкий цилиндр емкостью 100–250 мл. наливают испытуемый раствор и погружают сухой, чистый ареометр так, чтобы он не касался стенок сосуда (рис.3.8). По нижнему мениску отмечают деление шкалы, совпадающее с уровнем жидкости в цилиндре с точностью  $\pm 0,003$ .

Для определения относительной плотности жидкостей с точностью до четвертого знака пользуются пикнометрами (рис.3.9)

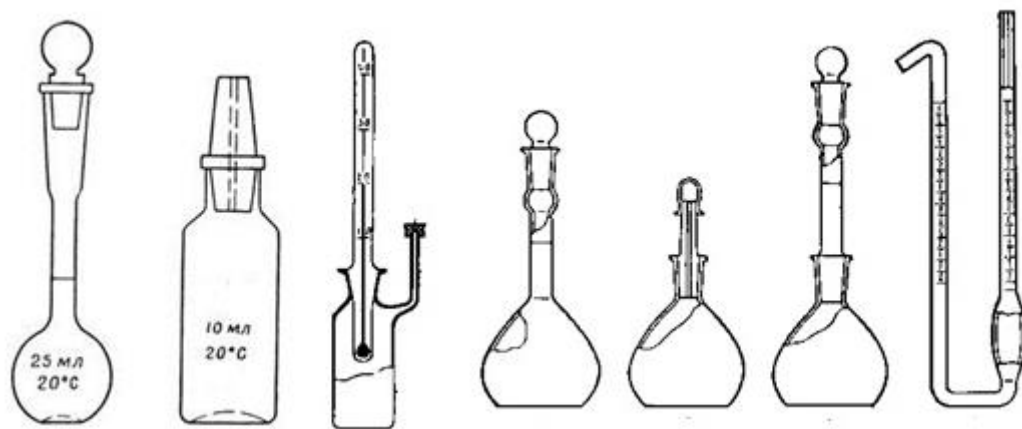


Рисунок 3.9 – Пикнометры для измерения плотности жидких, твердых и газообразных веществ



#### Опыт 3.4.1 Определение плотности пикнометрическим методом

1. Определить массу сухого чистого пикнометра с помощью точных весов;
2. Наполнить пикнометр исследуемой жидкостью до метки и взвесить;
3. Вылить жидкость обратно в склянку, промыть пикнометр.
4. Заполнить пикнометр дистиллированной водой до метки, взвесить.

5. Вычислить плотность по формуле:

$$\rho_{\text{жидк}} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \cdot \rho_{\text{воды}}$$

где:  $m$  – масса пикнометра;  $m_1$  – масса пикнометра с водой;  $m_2$  – масса пикнометра с исследуемой жидкостью.

*Пикнометры применяют, например, для определения плотности нефти и нефтепродуктов, её измерение предусмотрено стандартами многих стран. По плотности можно ориентировочно судить о составе нефти и нефтепродуктов и, как следствие, о её качестве и стоимости.*



#### Опыт 3.4.2 Определение плотности жидкости с помощью ареометра

Каждый ареометр предназначается для жидкостей, плотность которых лежит в определенных пределах. Так как плотность раствора каждого вещества есть функция его концентрации, то, измерив ареометром плотность, можно по справочным таблицам найти концентрацию раствора.

##### Ход работы:

1. Определить ареометром плотность данного раствора серной кислоты (рис 3.8).
2. По таблице зависимости плотности от концентрации найти процентную концентрацию исследуемого раствора серной кислоты.
3. В лабораторном журнале зарисовать схему прибора для измерения плотности

### 3.5 Определение температуры кипения

Температуру, при которой давление пара становится равным внешнему давлению, называют **температурой кипения**.

Температура кипения зависит от молекулярной массы и строения соединения, от характера и степени межмолекулярного взаимодействия (дисперсионные, ион – дипольные, диполь – дипольные взаимодействия)

Температура кипения очень сильно зависит от давления.

Чтобы температуру кипения при определенном давлении привести к 760 мм рт. ст., соединяют прямой линией соответствующие значения на шкалах А и С. Искомую величину температуры кипения считывают по шкале В. Если затем соединить прямой найденное значение температуры кипения с каким-либо значением давления на шкале С, то точка пересечения ее со шкалой А даст приближенную температуру кипения, соответствующую выбранному давлению.

$$\text{мм. рт. ст.} = 133,32 \text{ Па} = 1,3158 \cdot 10^{-3} \text{ атм}$$

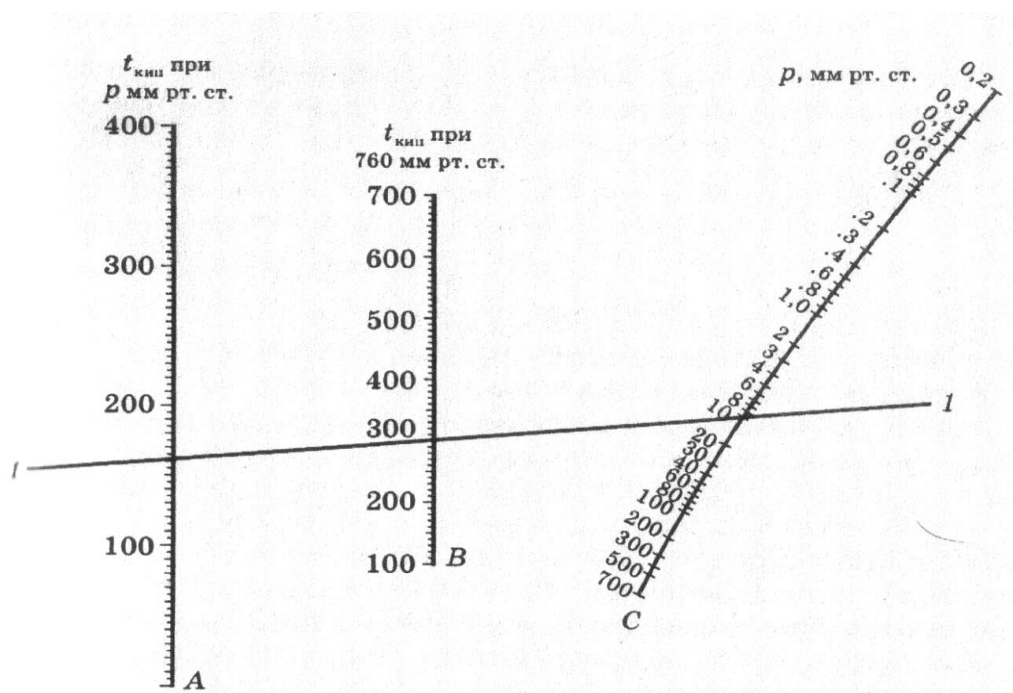


Рисунок 3.10 – Номограмма для пересчета температуры кипения при различном давлении

Поскольку температура кипения сильно зависит от давления, рядом с температурой кипения всегда надо указывать и давление, при котором эта температура наблюдалась. Если давление не указано, то подразумевается нормальное атмосферное давление, 760 мм рт. ст.

Незначительные загрязнения оказывают на температуру кипения гораздо меньшее влияние, чем на температуру плавления. Поэтому **температура**



**кипения не имеет такого значения в качестве критерия чистоты вещества, какое имеет температура плавления.**

*Температуру кипения можно определить как в паровой, так и жидкой фазе в обычном приборе для простой перегонки.* Для чистых веществ определение температуры кипения в парах дает более точные результаты, так как температура пара не зависит от незначительных колебаний температуры внутри жидкости, неизбежных при ее непосредственном нагревании. В нижних слоях жидкость всегда несколько перегрета, так как находится под дополнительным гидравлическим давлением. Во избежание сильных перегревов, при определении температуры кипения необходимо применять бани и поддерживать равномерное и непрерывное кипение жидкости. При определении температуры кипения в парах требуется некоторое время для установления теплового равновесия.

Если в распоряжении имеется достаточное количество жидкости ( $\geq 10$  мл), то проще снять в приборе для перегонки кривую кипения. При этом надо обратить внимание на то, чтобы шарик термометра полностью омывался парами, был смочен сконденсировавшейся жидкостью и не был погружен слишком глубоко в перегретый пар.

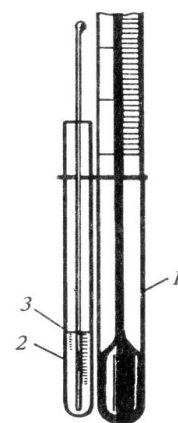
Температуру кипения малого количества вещества (0,2–1 мл) удобно определять по **методу Сиволобова:**

на дно широкого тонкостенного заплавленного снизу капилляра диаметром 3–4 мм помещают каплю исследуемой жидкости. Затем в эту жидкость погружают другой, очень тонкий капилляр, заплавленный сверху.

Капилляры прикрепляют к термометру и нагревают в приборе для определения температуры плавления. Вначале из внутреннего капилляра выделяются редкие пузырьки воздуха. Когда будет достигнута температура кипения, образуется цепочка пузырьков, поднимающаяся равномерной струей. Нагревание прекращают. Та температура, при которой внезапно прекращается выделение пузырьков, принимается за температуру кипения.

Рисунок 3.11

Точность определения температуры кипения по этому методу составляет примерно  $\pm 1-2$  °С.



### 3.6 Определение показателя преломления

Для идентификации жидких веществ и проверки их чистоты наряду с другими физическими константами можно использовать **показатель преломления  $n$** .

Показатель преломления определяют методом рефрактометрии, в основе которого лежит явление преломления света на границе раздела сред. Когда луч монохроматического света переходит из одной среды в другую, его скорость изменяется, а на границе раздела между средами изменяется также и его направление (рис.3.12). Отклонение луча происходит по закону Снеллиуса:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

Где:  $c_1$ ,  $c_2$  – скорость света в первой и второй средах соответственно;

$\alpha$ ,  $\beta$  – угол падения и преломления луча света соответственно при переходе из первой среды во вторую.

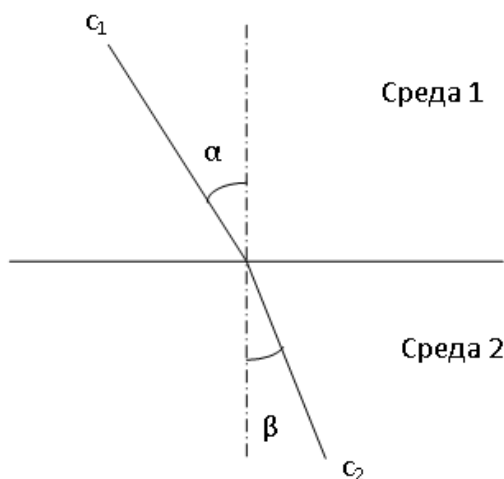


Рис. 3.12 – Преломление света на границе двух сред.

Значение показателя преломления зависит от температуры (повышение температуры на 1°С уменьшает показатель преломления на 0,0005), резко меняется с изменением длины волны света и концентрации раствора. Поэтому

измерения проводят при постоянной температуре и монохроматическом свете. Примеси также влияют на значение показателя преломления. Как правило, значение показателя преломления измеряют при длине волны, соответствующей длине волны желтого излучения натрия (D–линия,  $\lambda=589$  нм) при 20°C. В этом случае при обозначении показателя преломления индексами обязательно указывают температуру и длину волны ( $n_D^{20}$ ).

Показатель преломления определяют с помощью приборов, которые называются рефрактометрами (рис. 3.14).

При работе на рефрактометре необходимо открыть полушарие измерительной головки 1 и протереть плоскости призм ватой, смоченной эфиром. Затем привести призмы в горизонтальное положение.

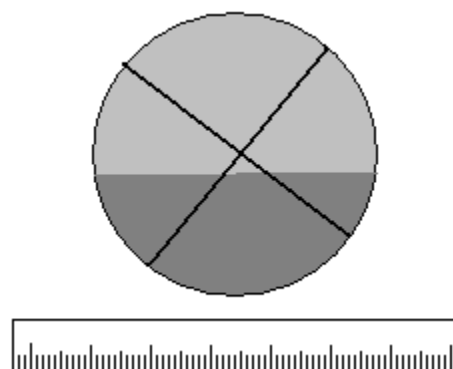


Рисунок 3.13

На поверхность измерительной призмы 3 нанести пипеткой несколько капель исследуемой жидкости и закрыть измерительную головку. Осветительные зеркала 2 устанавливают так, чтобы свет от источника проходил в осветительную призму через окошко и равномерно освещал поле зрения.

Вращая маховик 9, находят в окуляре 5 границу раздела света и тени. Если эта граница размыта или окрашена, винтом 4 добиваются ее четкого изображения. При помощи маховика 9 точно совмещают границу раздела света и тени (рис. 3.13) с перекрестием сетки и смотрят значение показателя преломления по шкале (по положению горизонтального штриха сетки). Освещение шкалы прибора регулируют при помощи бокового зеркала.

Показатель преломления измеряют с точностью до четвертого знака после запятой.

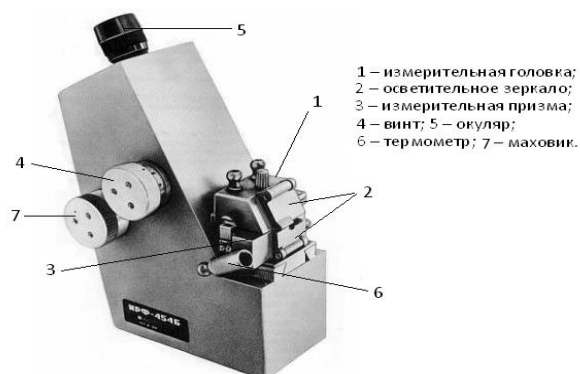


Рис. 3.6.2 Рефрактометр ИРФ

#### 4. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

Для выделения полученных веществ из реакционной смеси и дальнейшей их очистки, равно как и для очистки исходных реагентов, применяют различные методы. Задача выделения индивидуальных соединений является также обязательной при работе с природными соединениями.

Важнейшие из этих методов основаны на разделении веществ по размеру частиц или по плотности (фильтрация, осаждение) или же по способности распределяться между двумя различными фазами (перегонка, перекристаллизация, возгонка, экстракция, хроматография).

В соответствии со стандартом (ГОСТ) по степени чистоты реактивы делятся на: а) особо чистые (ос.ч); б) химически чистые (х.ч.), в) чистые для анализа (ч.д.а.), г) чистые (ч.); и другие. Для лабораторных работ по неорганической химии пригодны вещества с маркировкой х.ч. и ч.д.а.

##### 4.1 Перегонка

Перегонка занимает наиболее важное место среди многочисленных методов очистки и выделения органических веществ. *Разделение смеси жидкостей перегонкой возможно тогда, когда образующийся при перегонке пар имеет другой состав по сравнению с жидкостью*

*Растворы, неразделяемые с помощью перегонки, называются азеотропными, или нераздельнокипящими*, так как они перегоняются без изменения состава и температуры кипения.

*Перегонка (дистилляция) представляет собой процесс, при котором перегоняемую жидкость нагреванием переводят в парообразное состояние;*

образовавшийся пар конденсируется в холодильнике, и чистый дистиллят поступает далее в приемник.

Над всеми жидкостями в результате их испарения устанавливается равновесие между жидкостью и паром, и, следовательно, определенное давление пара. Величина этого давления зависит от природы жидкости и температуры. С повышением температуры давление пара над жидкостью сильно возрастает. Это можно показать на примере воды (рис. 4.1а,б)).

Температуру, при которой давление пара становится равным внешнему давлению, называют **температурой кипения**.

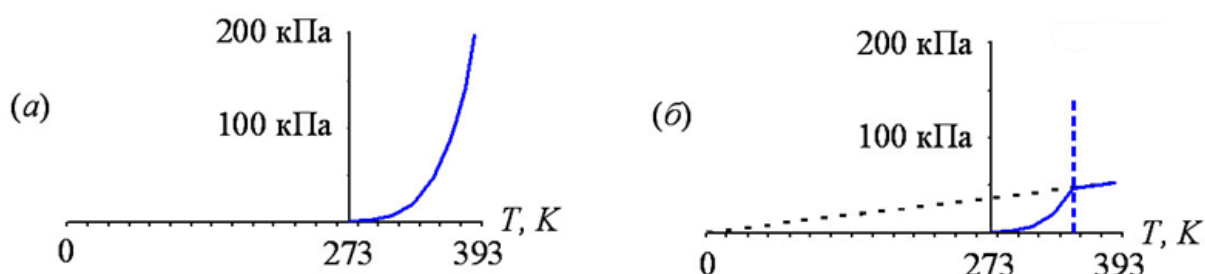
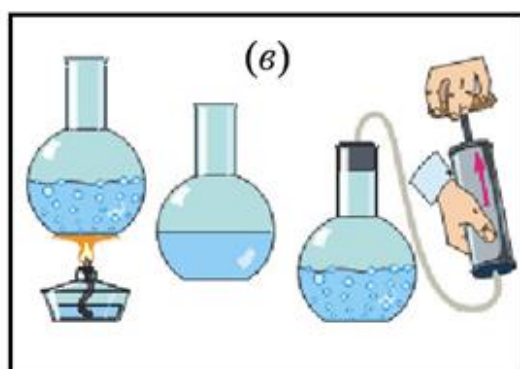


Рис.4.1.1 (а) - зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры;

(б) – зависимость давления водяного пара от температуры до (слева от пунктира) и после того, как вся вода испарилась;

Рисунок 4.1 а), б)



(в) – жидкость, кипящая на горелке (слева), остывшая (середина) и закипающая вновь при уменьшении давления воздуха в колбе (справа).

Рисунок 4.1 в)

Чем меньше атмосферное давление, тем при более низкой температуре кипит данная жидкость (см. рис.4.1 в). Так, на вершине горы Эльбрус, где

давление воздуха в два раза меньше нормального, обычная вода кипит не при 100 °С, а при 82 °С. Наоборот, если необходимо повысить температуру кипения жидкости, то её нагревают при повышенном давлении. На этом, например, основана работа скороварок, где еда, содержащая воду, может вариться при температуре более 100 °С, не закипая.

**Способы перегонки** разделяются на две группы:

- а) простая перегонка;
- б) фракционная перегонка (ректификация).

**По условиям проведения** различают три вида перегонки:

- а) при атмосферном давлении;
- б) при уменьшенном давлении (перегонка в вакууме);
- в) с водяным паром.

#### **4.1.1 Простая перегонка при атмосферном давлении**

Простую перегонку применяют для разделения жидких веществ, значительно различающихся по своей летучести, например, для отгонки растворителя от нелетучего остатка или для разгонки жидкостей, сильно отличающихся друг от друга по своим температурам кипения.

**Удовлетворительное разделение возможно при условии, что разница в температурах кипения перегоняемых жидкостей составляет не менее 80 °С.** При меньшей разнице в температурах кипения разделение может быть достигнуто при помощи дефлегматора.

Перегонка жидкостей производится из колбы Вюрца.

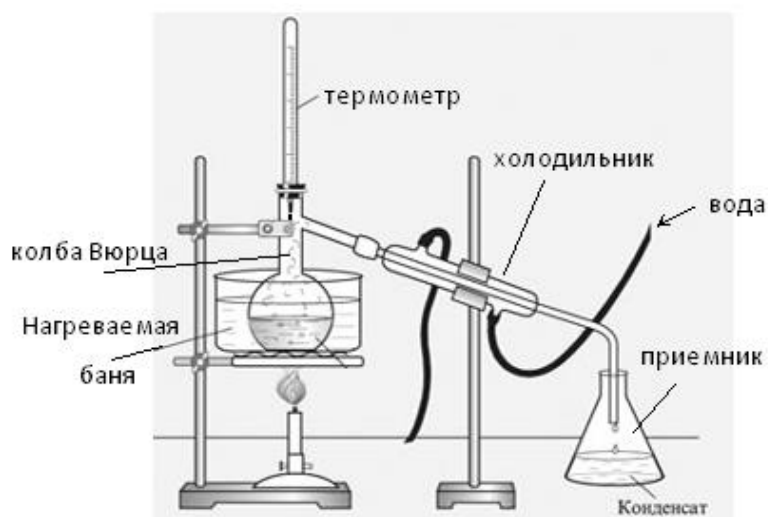


Рис. 4.1.1 Схема прибора для простой перегонки

Рисунок 4.2

Помещенную в колбу жидкость испаряют, используя в качестве источника тепла один из видов бань (водяная, масляная, металлическая, воздушная), для равномерного нагрева и во избежание перегрева. Температура бани не должна превышать температуру перегоняемого вещества более чем на 25–30 °С. Пары поднимаются в насадку Вюрца и омывают шарик термометра, с помощью которого следят за температурой паров.

Затем пары попадают в нисходящий холодильник, из которого конденсат через аллонж стекает в приемник.

При сборке установки следует обратить внимание на то, чтобы ртутный шарик термометра, контролирующего температуру паров, **находился примерно на 0.5 см ниже** отводной трубки колбы Вюрца.

В качестве приемников применяют плоскодонные, круглодонные и конические колбы. Приемник, в котором собирают легко испаряющиеся жидкости, обычно помещают в баню со льдом.

**Следует строго следить за тем, чтобы внутреннее пространство приборов, не предназначенных для работ под давлением, всегда было соединено с атмосферой!**

Для большинства жидкостей характерна склонность к перегреву, то есть они нагреваются выше температуры кипения, причем закипают с сильными толчками. В результате толчков может быть выбит термометр и может

произойти выброс жидкости из колбы. Такие выбросы не только связаны с потерей вещества: при работе с легковоспламеняющимися жидкостями они являются причиной пожара. Во избежание перегрева жидкости и для равномерного кипения в колбу перед перегонкой бросают несколько «кипятильных камушков» («кипелок»). В качестве таковых используются небольшие кусочки пористых материалов: кирпича, неглазурованного фарфора, пемзы.

**Перегонную колбу нужно заполнять не более чем, на 2/3.** Перегонку ведут с такой скоростью, чтобы в приемник попадало не более 1–2 капель дистиллята в секунду. Практически чистыми считают вещества, перегоняющиеся в интервале 1–2 °С. Если жидкость содержит небольшое количество легколетучих примесей, то они предшествуют *основной* фракции (кипящей в интервале 1–2 °С) в виде так называемого *предгона* (или *головной* фракции). Предгон собирают в отдельный приемник до тех пор, пока температура не поднимется до температуры кипения основного вещества. При этом меняют приемник и собирают в него основную фракцию. **Все время, пока перегоняется основная фракция, температура остается постоянной. Резкое повышение температуры свидетельствует о том, что началась перегонка следующего, более высококипящего компонента.**

Перегонку прекращают в случае резкого повышения температуры или когда в перегонной колбе останется 1–2 мл жидкости (жидкость покрывает кипятильные камушки).

Таблица 4.1

Фракция	Интервал температур	Объем
I (Предгон)	$t_{\text{начала перегонки}} - t_{\text{кипения}}$	$V_1$
II (Основная)	$\sim t_{\text{кипения}}$	$V_2$
III (Кубовый остаток)	$> t_{\text{кипения}}$	$V_3$



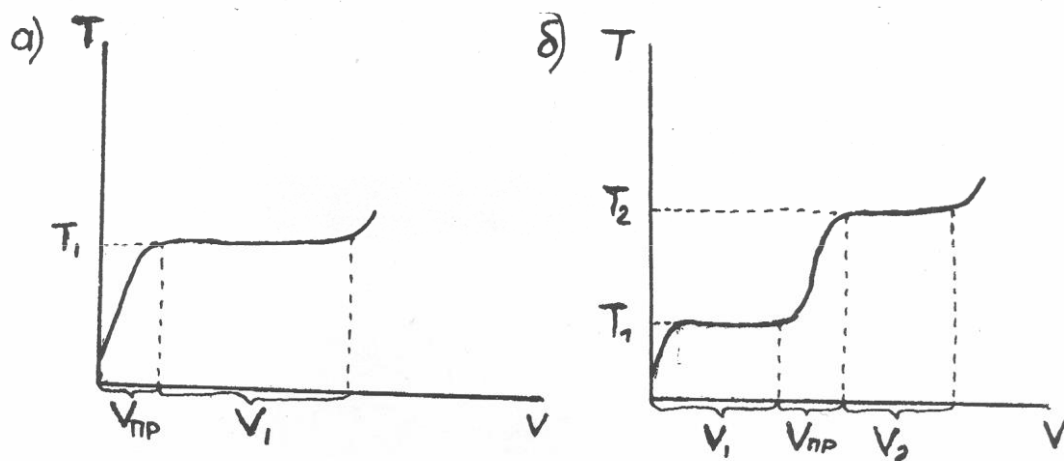


Рис. 4.3 – График зависимости между объемом дистиллята и температурой перегонки:

- а) очистка индивидуального вещества;
- б) разделение смеси двух веществ.

#### 4.1.2 Простая перегонка в вакууме

Перегонку веществ, частично или полностью разлагающихся при температуре кипения при атмосферном давлении, осуществляют при пониженном давлении (*вакуумная перегонка*).

Для создания вакуума применяются водоструйные и масляные насосы. Для приблизительной оценки температуры кипения при определенном внешнем давлении достаточно знать температуру кипения при каком-либо другом известном давлении.

Существует *эмпирическое правило* для *грубой оценки температуры кипения*: **при уменьшении внешнего давления вдвое температура кипения понижается примерно на  $15^\circ\text{C}$** . Например, вещества, кипящие с разложением при  $350^\circ\text{C}/760$  мм рт. ст., можно перегнать без разложения приблизительно при  $160\text{--}210^\circ\text{C}/10$  мм рт. ст., при  $100\text{--}130^\circ\text{C}/0,01$  мм рт. ст. и при  $40\text{--}50^\circ\text{C}/0,0001$  мм рт. ст.

Используя номограмму (рис. 3.10), можно составить представление о соответствии наблюдаемой температуры кипения перегоняемого при любом остаточном давлении вещества с литературными данными. Если наложить на нее

линейку так, чтобы она пересекла правую шкалу в точке, соответствующей наблюдаемому при перегонке давлению, а среднюю шкалу — в точке, соответствующей температуре кипения перегоняемой жидкости при атмосферном давлении, то точка пересечения этой линейки с левой шкалой с известной степенью приближения будет соответствовать температуре кипения жидкости при достигнутом в приборе вакууме.

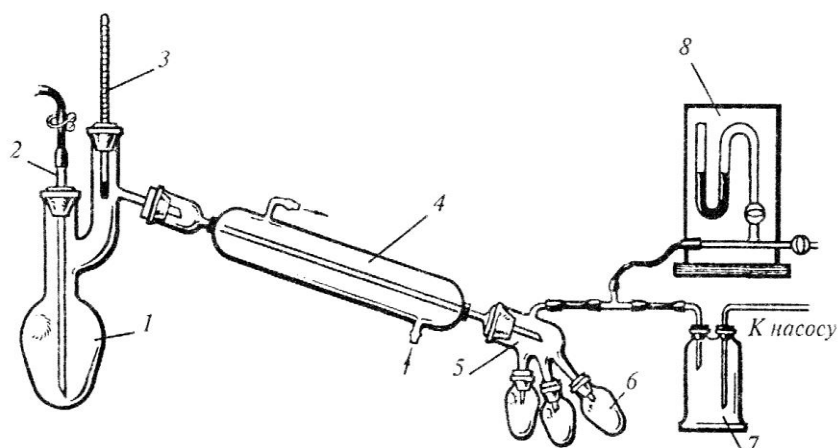


Рис. 4.4 – Установка для перегонки при пониженном давлении:  
 1 – колба Кляйзена или круглодонная колба с насадкой Кляйзена;  
 2 - капилляр, соединенный с резиновым шлангом с зажимом; 3 – термометр;  
 4 - холодильник; 5 – аллонж; 6 – приемная колба;  
 7 – предохранительная склянка; 8 – вакуумметр (манометр).

При работе с вакуумом следует соблюдать ряд правил техники безопасности. Колбу Кляйзена заполняют после того, как прибор проверен на герметичность. Нагревание начинают после достижения необходимого вакуума. Перегонку проводят в защитных очках. По окончании перегонки систему следует охладить, а затем медленно впустить воздух.



#### 4.1.1 Опыт «Очистка и перегонка жидкостей»

Соберите прибор по (рис. 4.2). В колбу Вюрца налейте раствор сульфата меди и поместите в нее кипяtilьные камешки. Нагрейте раствор до кипения. Жидкость в колбе испаряется, а растворенные в ней нелетучие вещества остаются в растворе, увеличивая его концентрацию, или выпадают в осадок. Пары жидкости конденсируются в холодильнике и стекают через аллонж в приемник. В приемнике собирается жидкость, освобожденная от растворенных

твердых веществ. Отгоните 20–30 мл воды. Чистая ли вода получается? Содержится ли в ней сульфат меди? Как это проверить?

### 4.1.3 Фракционная перегонка

Применяется для разделения смесей жидкостей, температуры кипения которых отличаются менее, чем на 80 °С, то есть разделить смесь однократной простой перегонкой не удастся.

В отличие от обычной, простой перегонки, во время которой пар и конденсат проходят через прибор один раз в одном направлении, *при фракционной перегонке поднимающиеся пары взаимодействуют со стекающим навстречу конденсатом (флегмой), образующейся в результате частичной конденсации паров.* В результате многократно повторяющихся частичных испарений и конденсаций пары обогащаются легкокипящим компонентом, а высококипящий компонент стекает вместе с флегмой в перегонную колбу.

Аналогично поведению чистой жидкости бинарная смесь двух полностью смешивающихся друг с другом жидкостей начинает кипеть при температуре, при которой общее давление паров обоих компонентов становится равным внешнему давлению.

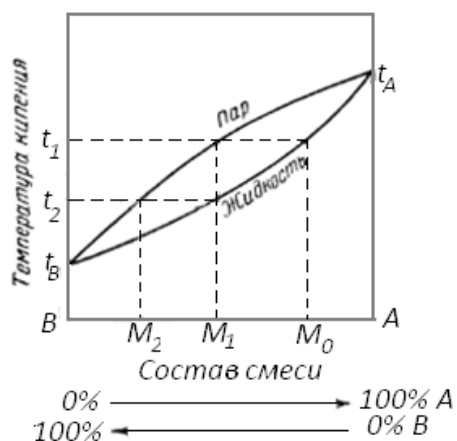


рис. 4.1.5 Диаграмма фазового равновесия

Рисунок 4.5

Из диаграммы фазового равновесия видно что, паровая фаза при любой температуре кипения содержит большее количество низкокипящего

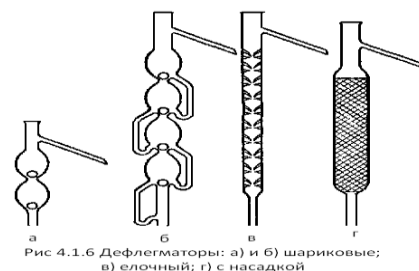


Рис 4.1.6 Дефлегматоры: а) и б) шариковые; в) елочный; г) с насадкой

Рисунок 4.6

компонента, чем жидкая фаза; при этом каждой температуре кипения соответствуют строго определенные составы жидкости и пара.

Таким образом, пар, образующийся из кипящей бинарной смеси, всегда содержит оба компонента, но обогащен более летучим из них (состав  $M_1$ ). При полной конденсации такого пара получается жидкость с тем же составом, что и пар. При вторичной перегонке этой жидкости образуется пар (состав  $M_2$ ), еще более обогащенный легкокипящим компонентом. Следовательно, в результате многократного повторения условий фазового равновесия (перегонки) для каждой первой фракции можно в конечном счете получить в первой фракции от последней перегонки низкокипящий компонент смеси, не содержащий другого компонента. Соответственно, последняя фракция будет состоять из чистого высококипящего компонента первоначальной смеси. В этом по существу и заключается принцип разделения дробной перегонки.

Действие дефлегматоров состоит в том, что в них при неполном охлаждении пара кипящего раствора происходит частичная конденсация пара более высококипящей жидкости. Образовавшийся промежуточный конденсат называют **флегмой** (от греч. *phlegma* – слизь, мокрота). Флегма стекает обратно в колбу, а пар обогащается компонентом с более низкой температурой кипения и попадает в холодильник, где подвергается уже полной конденсации. вследствие охлаждения происходит частичная конденсация пара и температура его понижается. Как видно из диаграммы кипения, при понижении температуры пара от  $t_1$  до  $t_2$  содержание низкокипящего компонента возрастает от  $M_1$  до  $M_2$ . В лабораториях применяют дефлегматоры самых различных конструкций.



#### Опыт 4.1.2. Разделение смесей жидкостей методом фракционной перегонки.

##### Ход работы:

1. Собрать установку для фракционной перегонки для фракционной перегонки (рис.4.2). В круглодонную колбу залить полученную жидкость, внести «кипелки», в холодильник Либиха подать воду для охлаждения, термометр установить чуть ниже отводной трубки. Содержимое колбы нагревать на водяной, воздушной или песчаной бане.

2. Записать в журнал объем полученной жидкости для перегонки

3. Включить нагрев прибора и отрегулировать его для создания равномерного и плавного кипения смеси.

4. Отгонка легкокипящей жидкости проходит при постоянной температуре со скоростью примерно одна капля в секунду. В лабораторном журнале записать температуру начала перегонки. Собирать в приемник дистиллят, перегоняющийся до установления постоянной температуры ( $V_0$ ). При постоянной температуре кипения ( $T_1$ ) в первый приемник собирать первую фракцию ( $V_1$ ) – низкокипящий компонент смеси. При повышении температуры перегонки во второй приемник собирают промежуточную фракцию ( $V_{пр}$ ). Когда вновь установится постоянная температура ( $T_2$ ), в третий приемник отбирают вторую фракцию ( $V_2$ ) – высококипящее вещество.

*Смеси веществ, имеющих разницу в температурах кипения более  $100^\circ\text{C}$ , могут перегоняться без промежуточной фракции.*

5. В таблице записать температуры кипения фракций и их объем.

6. Перегонку прекращают, когда в колбе остается 1–1,5 мл перегоняемой жидкости.

**Внимание: выпаривать жидкость до конца нельзя!**

7. После завершения перегонки отключить нагрев, дать прибору охладиться, затем осторожно его разобрать.

8. Перегнанные вещества сдать сотруднику лаборатории, который фиксирует данные подписью. По результатам работы построить график зависимости между количеством дистиллята и температурой перегонки (Рис. 4.7), рассчитать процентное соотношение компонентов в исходной смеси.

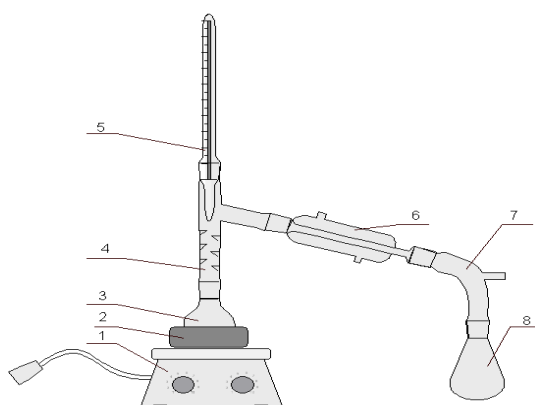


Рисунок 4.7 – Схема установки для фракционной перегонки жидкостей.

1, 2 – электроплитка или колбонагреватель,

3 – колба, 4 – дефлегматор,

5 – термометр, 6 – холодильник,

7 – аллонж, 8 – приемник.

Таблица 4.2

Фракция	Интервал температур	Объем	% содержание компонентов смеси
предгон I II (промежуточная) III	$< T_1$ $T_1$ $T_1 - T_2$ $T_2$	$V_0 =$ $V_1 =$ $V_{пр} =$ $V_2 =$	

#### 4.1.4 Перегонка с водяным паром

Перегонку с водяным паром применяют:

- 1) для разделения смесей веществ, из которых только одно летуче с водяным паром;
- 2) для очистки веществ от смолистых примесей;
- 3) если она обеспечивает более полное разделение летучих веществ, чем перегонка под уменьшенным давлением.

***Сущность перегонки с водяным паром заключается в том, что высококипящие, не смешивающиеся или мало смешивающиеся в воде вещества улетучиваются при пропускании в них водяного пара; затем они вместе с паром конденсируются в холодильнике и попадают в приемник.***

Для того чтобы установить летучесть вещества с водяным паром, небольшое количество его нужно нагреть в пробирке с 2 мл воды. Над этой пробиркой держат дно второй пробирки, в которую положен лед. Если конденсирующиеся на холодном дне второй пробирки капли мутные, то вещество летуче с водяным паром.

Перегонку с водяным паром проводят на установке, изображенной на рис. 4.8 Она состоит из парообразователя, трубки, по которой пар поступает в колбу, перегонной колбы, холодильника и приемника дистиллята.

Парообразователь заполняют водой и соединяют его через тройник с перегонной колбой, в которой находится перегоняемое вещество. Через стеклянную трубку перегонная колба соединяется с холодильником. Во избежании переброса перегоняемой жидкости в приемник перегонную колбу располагают наклонно, как показано на рис.

При помощи электрической плитки нагревают парообразователь и одновременно с ним подогревают и перегонную колбу. Как только начнется выделение пара в систему, закрывают зажим, надетый на резиновую трубку тройника. Благодаря этому пар быстро поступает в перегонную колбу через отводящую трубку, а затем вместе с отгоняемым веществом – в холодильник.

Спустя некоторое время в приемной колбе скапливается эмульсия (осадок). Перегонку ведут до тех пор, пока проба дистиллята при охлаждении не будет разделяться на две фазы. Когда начнет отгоняться чистая вода, перегонку

заканчивают, открыв зажим на тройнике и прекратив нагревание парообразователя. Дистиллят разделяют в делительной воронке, а затем перегнанное вещество высушивают.

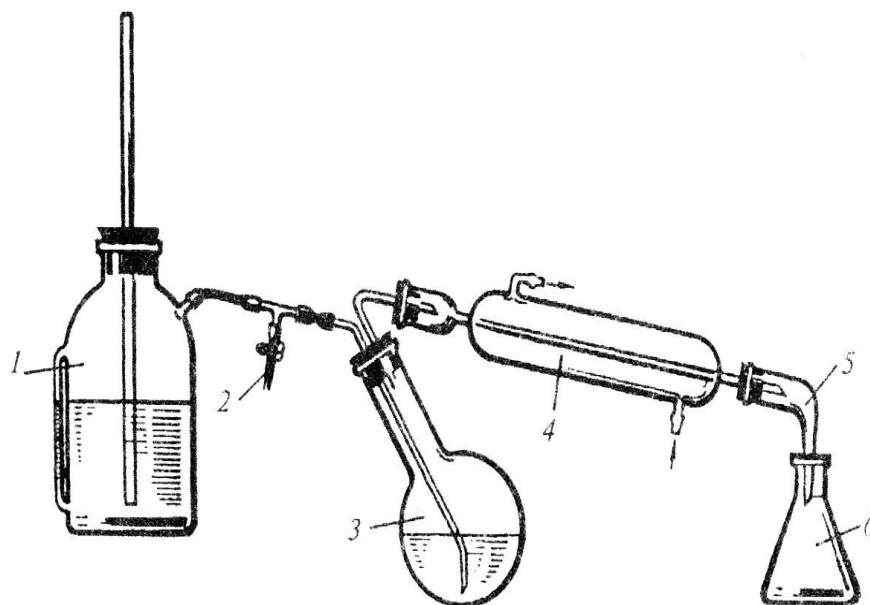


Рисунок 4.8 – Установка для перегонки с водяным паром:  
1 – парообразователь; 2 – тройник с зажимом; 3 – перегонная колба;  
4 - холодильник; 5 – аллонж; 6 – приемная колба.

*Если перегоняемый образец является низкоплавким твердым веществом, необходимо внимательно следить за тем, чтобы холодильник не забился. Любое вещество, скапливающееся в холодильнике, можно быстро удалить из него путем отвода воды из охлаждающей рубашки на несколько минут; в результате этого пар перенесет расплавленное твердое вещество в приемник.*

## 4.2 Перекристаллизация

Перекристаллизация является простейшим методом разделения и очистки твердых веществ. Он основан на различной растворимости веществ в различных растворителях.

**Метод кристаллизации** состоит из следующих стадий:

- выбор растворителя



- растворение твердого вещества в минимальном объеме кипящего растворителя (приготовление насыщенного раствора);
- фильтрование горячего раствора для удаления нерастворимых примесей (если они присутствуют);
- охлаждение раствора с образованием кристаллов;
- фильтрование кристаллов от маточного раствора и их высушивание.

#### **Критерии выбора растворителя:**

- растворитель должен быть химически инертным по отношению к очищаемому веществу
- вещество не должно растворяться при комнатной температуре, а только при нагревании
- температура кипения растворителя по возможности должна быть ниже температуры плавления вещества
- при прочих равных условиях выбирают растворитель нетоксичный, негорючий, дешевый.

Общая закономерность растворимости – *"подобное растворяется в подобном"*, т.е. полярные соединения более растворимы в полярных растворителях, чем в неполярных, и наоборот.

При проведении кристаллизации из горючих или летучих растворителей обычно используют установку для кипячения с обратным холодильником, состоящую из круглодонной колбы с обратным холодильником (рис.4.9). Если в качестве растворителя используется вода, то процесс перекристаллизации проводят в колбе или стакане.



Рис. 4.2.1 Прибор для кипячения с обратным холодильником

Рисунок 4.9



#### 4.2.1 Лабораторная работа «Перекристаллизация»

##### Ход работы:

1. Получить вещество, определить его температуру плавления, взвесить, записать результаты в лабораторный журнал
2. Выбрать растворитель.

##### Методика выбора растворителя.

В пробирку на кончике шпателя вносят вещество и заливают 1 мл растворителя, встряхивают. Если вещество не растворилось или растворилось не полностью, пробирку осторожно нагревают (*при нагревании с горючим растворителем пробирку необходимо закрыть пробкой с воздушным холодильником!*). Если вещество растворилось не полностью, добавляют еще 1 мл растворителя и снова нагревают (если после прибавления 3-х мл растворителя вещество не растворилось, это означает, что в данном растворителе вещество нерастворимо). Пробирку с растворенным веществом охлаждают и наблюдают за образованием кристаллов. Этот процесс повторяют с другими растворителями. Рекомендуется в качестве растворителей попробовать воду, спирт и какой-нибудь неполярный растворитель (гексан, толуол).

Если вещество слишком хорошо растворяется в одном растворителе и не растворяется в другом растворителе, проводят кристаллизацию из смеси обоих растворителей. Для этого к горячему раствору вещества в первом растворителе по каплям прибавляют второй растворитель до тех пор, пока не образуется устойчивое помутнение. Этот раствор нагревают до прозрачности и оставляют для кристаллизации.

Все наблюдения и вывод записать в лабораторном журнале.

3. В колбу поместить вещество, прибавить минимальное количество растворителя (чтобы кристаллы только покрылись растворителем) и нагреть.

Затем при нагревании прибавлять маленькими порциями растворитель до полного растворения вещества.

4. Полученный насыщенный раствор охлаждают, отфильтровывают выпавшие кристаллы и сушат.

Если раствор окрашен или содержит нерастворимые примеси, его горячим пропускают через нагретую воронку для горячего фильтрования (рис.4.10), а только затем медленно охлаждают.

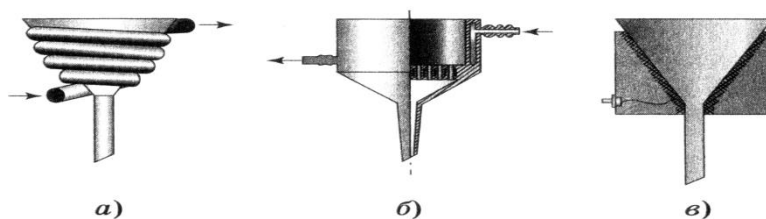


Рисунок 4.10 – Воронки для горячего фильтрования с паровым (а), водным (б) и электрическим обогревом (в).

5. Полученные кристаллы взвесить, определить коэффициент потерь.

6. Определить температуру плавления очищенного вещества, сравнить ее со справочными данными и сделать вывод.



Опыт 4.2.1 Выделение растворенного вещества выпариванием

#### Ход работы:

1. Поместить в химический стакан емкостью 100 мл шпателем небольшое количество кристаллического хлорида натрия (поваренной соли). Добавить в стакан 50 мл дистиллированной воды и перемешать до полного растворения соли.

2. Поставить фарфоровую чашку для выпаривания на металлическую, асбестовую сетку, налить в нее небольшое количество раствора соли и нагревать до полного испарения воды.

3. Убрать горелку и дать чашке остыть. Собрать шпателем поваренную соль со стенок выпарительной чашки.

### 4.3 Возгонка

Возгонка заключается в испарении вещества при нагревании ниже его температуры плавления с последующей конденсацией паров на охлажденной поверхности. Очистка твердого вещества возгонкой возможна только в том случае, если давление его паров выше, чем давление паров примесей. Когда давление паров твердого вещества соответствует приложенному давлению, получают наилучшие результаты. Например, стильбен возгоняют при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  и давлении 20 мм рт.ст.

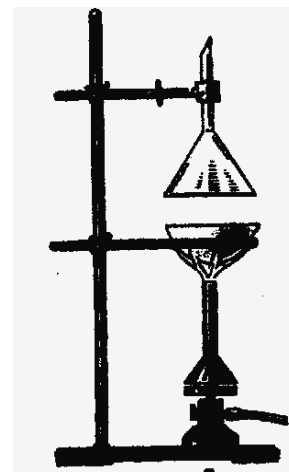


Рисунок 4.11

Возгонку проводят в вакууме в приборе сублиматоре или при атмосферном давлении в фарфоровой чашке, закрытой сверху фильтром с многочисленными проколотыми иголкой дырочками и стеклянной воронкой. Перед сублимацией из очищаемого вещества удаляют растворители и другие летучие продукты во избежание загрязнения сублимата.



Опыт 4.3.1 Очистка вещества методом возгонки.

1. Получить у преподавателя загрязненное вещество (нафталин, бензойную кислоту, йод), взвешивают его. Оставляют 0.1 г исходного вещества для определения температуры плавления. Найти по справочнику температуру плавления чистого вещества.
2. Небольшую фарфоровую чашку покрыть листом фильтровальной бумаги с мелкими проколами (20–30 отверстий) и плотно прижать фильтровальную бумагу опрокинутой стеклянной воронкой, отверстие которой закрыто ватой.

3. Фарфоровую чашку с образцом осторожно нагревать до температуры ниже его температуры плавления на 10-20°C. Нагревание проводят до образования кристаллов на поверхности стеклянной воронки.

4. Прекратить нагревание установки, осторожно охладить, собрать кристаллы и взвесить их. Определить температуры плавления образцов до и после перекристаллизации. Сравнить полученные данные со справочными. Рассчитать выход чистого вещества в %.

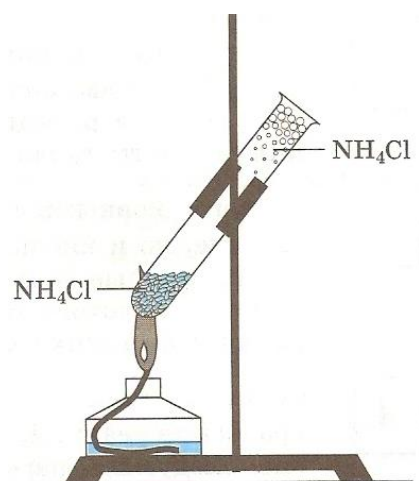


Рисунок 4.12– Возгонка хлорида аммония

#### 4.4 Экстракция

Экстракция – это способ разделения твердых или жидких смесей, основанный на различной селективной растворимости компонентов смеси в различных растворителях. Экстракцию применяют для концентрирования, разделения или очистки компонентов смеси.

В зависимости от агрегатного состояния экстрагируемого вещества экстракцию можно разделить на два вида:

- экстрагирование твердых веществ (система твердое вещество – жидкость);
- экстрагирование жидкостей (система жидкость – жидкость).

Твердофазная экстракция (экстрагирование) заключается в извлечении органических соединений из твердых тел с помощью обработки органическим растворителем – экстрагентом, в жидкофазной экстракции одна фаза является,

как правило, водным раствором, другая – органическим. Экстрагент должен иметь минимальную растворимость в воде и быть селективным в отношении экстрагируемого вещества.

Обычно экстракцию проводят из водной (нейтральной, кислой, основной) фазы растворителем, не смешивающимся с водой (например, дихлорметан, хлороформ, эфиры и др.). В случае полярных продуктов (например, спирты, карбоновые кислоты, амины) водную фазу перед экстракцией насыщают хлористым натрием (высаливание).

Конструкция аппаратов и приемы экстракции зависят от вида извлекаемого вещества. Так, в случае распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкостями, например водной и органической фазой, экстракцию удобно проводить в делительной воронке. Помещенную в делительную воронку смесь двух жидкостей несколько раз встряхивают и дают смеси расслоиться. Нижний слой сливают через кран делительной воронки в отдельную емкость, а затем сливают оставшийся в воронке верхний слой жидкости. Для полноты извлечения операцию повторяют несколько раз, добавляя небольшие порции свежего экстрагента.



Рисунок 4.13

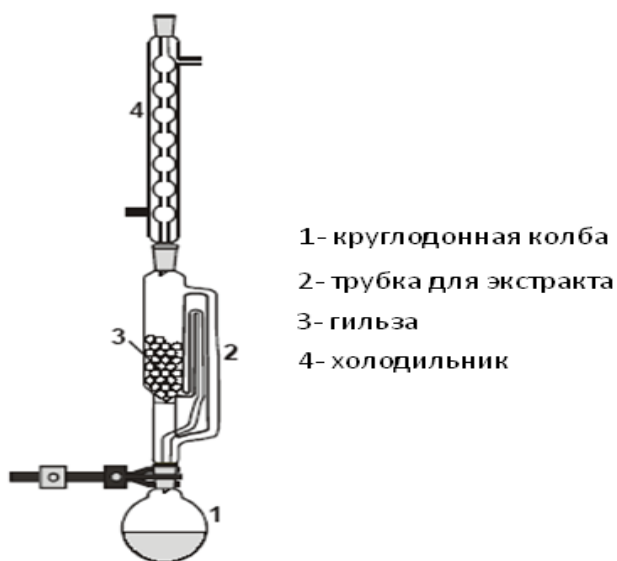


Рис.4.3.2 Аппарат Сокслета

экстрагируемое вещество, завернутое в

Для экстрагирования твердых веществ эффективно применение аппарата Сокслета.

Он состоит из трех частей: колбы для испарения растворителя, экстрактора и обратного холодильника (рис. 4.14). Перед началом работы колбу закрепляют на штативе, затем к ней подсоединяют экстрактор. В экстрактор загружают

Рисунок

фильтровальную бумагу, или помещенное в специальный патрон. Экстрактор соединяется с колбой через две трубки. Одна из них, более широкая, предназначена для подачи паров растворителя в экстрактор, вторая трубка, изогнутая в виде колена и работающая как сифон, предназначена для слива раствора из экстрактора в колбу. Пары растворителя, конденсируемые в холодильнике, поступают в экстрактор, постепенно заполняя его объем. Когда уровень жидкости достигает колена сливной трубки, экстракт сливается обратно в колбу. В процессе повторяющихся циклов слива, растворитель обогащается экстрагируемым веществом.

Если экстрагируемое вещество окрашено, то конец экстракции определяется по исчезновению окраски растворителя на каком-либо цикле слива. В случае, когда экстрагируемое вещество бесцветно, применяют различные приемы определения окончания процесса экстракции – при помощи индикаторов, если раствор не является нейтральным, по исчезновению пятна на часовом стекле при выпаривании специально отобранной пробы или измерением показателя преломления.

Если измеренный показатель преломления равен показателю преломления чистого растворителя – процесс экстракции закончен.

## 5. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

**Раствором** называется гомогенная система, состоящая из двух или более независимых компонентов, соотношение между которыми может изменяться.

Компоненты раствора подразделяются на растворитель и растворенные вещества.

Компонент, количественно преобладающий в системе и не изменяющий своего агрегатного состояния при приготовлении раствора, называется **растворителем**.

Остальные компоненты, входящие в состав раствора, называются **растворенными веществами**. Однако это деление носит условный характер.

Растворы, которые содержат большое количество растворенного вещества, называют **концентрированными**, а с малым содержанием растворенного вещества **разбавленными**.

Концентрированные растворы могут образовывать только хорошо растворимые вещества, а разбавленные растворы – вещества с любой растворимостью.

Важнейшей характеристикой растворов, влияющей на их свойства, является состав раствора, т.е. содержание растворенного вещества в определенной массе или объеме раствора или растворителя.

Существуют различные способы выражения состава растворов. Состав раствора может быть выражен безразмерными (доли, отношения) и размерными величинами (молярная концентрация, массовая концентрация, моляльность, титр и т.д.).

**Концентрацией** называют отношение массы или количества вещества к объему системы (раствора).

**Массовая доля** - отношение массы растворенного вещества к массе раствора, показывает массу растворенного вещества (в граммах), содержащееся в 100 г раствора. Массовую долю выражают в долях единицы или в процентах например:  $\omega = 0,01$  или  $\omega = 1\%$  – процентная концентрация

$$\omega_{р.в} = \frac{m_{р.в}}{m_p}$$

Для растворов проще измерить объем, а не массу. Массу и объем раствора связывает между собой плотность раствора:

$$\rho_{(раствора)} = m_{(раствора)} / V_{(раствора)}.$$

С изменением содержания растворенного вещества в растворе изменяется и плотность раствора. Используя таблицы, для раствора с определенной массовой долей можно определить плотность раствора и, наоборот, по плотности можно определить массовую долю вещества в растворе.

$$C = \frac{v}{V}$$



**Молярная концентрация  $C$**  – отношение количества растворенного вещества  $\nu$  к объему раствора  $V$ , показывает, сколько моль растворённого вещества содержится в 1 литре раствора.

**Эквивалентная (нормальная) концентрация** – отношение количества эквивалентов растворенного вещества  $\nu_{\text{ЭКВ}}$  к объему  $V$  раствора, обозначает число грамм–эквивалентов данного вещества в одном литре раствора:

$$C_{\text{Э}} = \frac{\nu_{\text{Э}}}{V}$$



**Опыт 5.1** Приготовление раствора с заданной массовой долей растворенного вещества из навески твердого вещества и воды

#### **Ход работы:**

1. Получите у преподавателя индивидуальное задание:

*Приготовить водный раствор .....*

*объемом.....*

*с массовой долей.....*

2. Проведите необходимые расчеты и определите:

– массу раствора,

–массу растворенного вещества,

– массу растворителя,

– объем растворителя.

Растворяемое вещество выбирается из числа твердых веществ, приведенных в таблице 5.1.1.

Если заданное значение массовой доли растворенного вещества не совпадает с приведенными табличными значениями, то используется *метод интерполяции*.

3. Растворяемое вещество, найденной массы, взвесьте на весах. Необходимый объем дистиллированной воды отмерьте мерным цилиндром. Приготовьте раствор в химическом стакане, перемешивая стеклянной палочкой.

Термометром измерьте температуру раствора. Если температура отличается от 20°C, то раствор необходимо нагреть или охладить.

4. Перелейте раствор в мерный цилиндр объемом 50 см<sup>3</sup>, осторожно опустите в него ареометр и по шкале ареометра (по нижнему мениску жидкости) определите плотность приготовленного раствора.

Внимание! Необходимо помнить, что во время определения плотности раствора, ареометр не должен касаться стенок цилиндра. После каждого определения ареометр моют, протирают фильтровальной бумагой и осторожно помещают в соответствующее гнездо штатива.

5. По измеренной плотности  $\rho$ , используя, в случае необходимости, метод интерполяции по данным табл. 1 определите значение массовой доли растворенного вещества в приготовленном растворе ( $\omega_{\text{эксп.}}$ ).

6. Сравните найденное значение ( $\omega_{\text{эксп.}}$ ) с заданным значением массовой доли ( $\omega_{\text{теор.}}$ ) и определите значение относительной ошибки эксперимента ( $\eta_{\text{относ.}}$ ):

$$\eta_{\text{относ.}} = \frac{\omega_{\text{эксп.}}}{\omega_{\text{теор.}}} 100\%$$

7. Выразите количественный состав для раствора с заданной массовой долей другими способами. Для этого рассчитайте значения массовой, молярной и нормальной концентраций и моляльность этого раствора.

Таблица 5.1. – Зависимость плотности раствора от массовой доли растворенного вещества  $\rho_{20}^0$ , (г/см<sup>3</sup>)

%	KOH	NaOH	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	1,017	1,021	1,013	1,018	1,015	1,012	1,008	1,019
4	1,033	1,043	1,027	1,039	1,032	1,025	1,018	1,040
6	1,049	1,065	1,041	1,060	1,049	1,038	1,028	1,061
8	1,065	1,087	1,056	1,032	1,066	1,052	1,038	1,082
10	1,083	1,109	1,071	1,104	1,084	1,066	1,047	1,103
12	1,108	1,137	1,086	1,126	1,102	1,080	1,057	1,124
14	1,126	1,153	1,101	1,148	1,120	1,095	1,068	1,146
16	1,144	1,175	1,116	1,173	1,139	1,109	1,078	-
18	1,165	1,197	1,132	1,196	1,158	1,124	1,088	-
20	1,183	1,219	1,149	1,220	1,173	1,139	1,098	-
22	1,206	1,241	1,164	1,245	1,197	1,155	1,108	-
24	1,225	1,263	1,180	1,270	1,218	1,170	1,119	-
26	1,246	1,297	1,197	-	1,288	1,186	1,129	-
28	1,267	1,306	-	-	-	1,202	1,139	-
30	1,288	1,328	-	-	-	1,219	1,149	-
32	1,308	1,349	-	-	-	1,235	1,159	-
34	1,330	1,370	-	-	-	1,252	1,169	-
36	1,355	1,390	-	-	-	1,268	1,179	-
38	1,373	1,410	-	-	-	1,286	1,189	-
40	1,395	1,430	-	-	-	1,303	1,198	-
42	1,417	1,449	-	-	-	1,321	-	-
44	1,445	1,469	-	-	-	1,338	-	-

### Задание 1

1. Получите раствор соли – *NaCl*.

2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю растворенного вещества.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_N$ ), молярность ( $C_M$ ) и титр ( $T$ ).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 40 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_N$ ) 2,0 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 2**

1. Получите раствор кислоты –  $HCl$ .
2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_N$ ), молярность ( $C_M$ ) и титр ( $T$ ).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 50 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_N$ ) 1,2,Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 3**

1. Получите раствор соли –  $Na_2SO_4$ .
2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_N$ ), молярность ( $C_M$ ) и титр ( $T$ ).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 40 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_N$ ) 0,5 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 4**

1. Получите раствор кислоты –  $\text{HNO}_3$ .
2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_n$ ), молярность ( $C_m$ ) и титр (Т).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 40 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_n$ ) 2,0 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 5**

1. Получите раствор соли –  $K_2CO_3$ .
2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_n$ ), молярность ( $C_m$ ) и титр (Т).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 60 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_n$ ) 2,5 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 6**

Получите раствор соли –  $K_2Cr_2O_7$ .

2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_n$ ), молярность ( $C_m$ ) и титр (Т).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 40 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_n$ ) 0,2 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

### **Задание 7**

1. Получите раствор кислоты –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. При помощи ареометра измерьте плотность раствора.
3. Используя таблицу, по плотности определите массовую долю раствора.
4. Рассчитайте, чему равна нормальность ( $C_N$ ), молярность ( $C_M$ ) и титр ( $T$ ).
5. Рассчитайте до какого объема необходимо разбавить 40 мл данного раствора, чтобы получить нормальность ( $C_N$ ) 1,0 Н.
6. Проверьте с помощью ареометра и расчетов концентрацию разбавленного раствора.
7. Определите погрешность

Таблица 5.2 – *Сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$*

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
1	1,008
2	1,016
4	1,035
6	1,053
8	1,072
10	1,091

Таблица 5.3 – *Хлорид натрия  $\text{NaCl}$*

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
4	1,029
8	1,059
12	1,089
16	1,119
20	1,151
24	1,184
26	1,200
28	1,217

Таблица 5.4 – *Серная кислота*  $H_2SO_4$ 

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
2	1,013
4	1,027
6	1,040
8	1,055
10	1,069
12	1,083
14	1,098
16	1,112
18	1,127
20	1,143

Таблица 5.5 – *Дихромат калия*  $K_2Cr_2O_7$ 

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
1	1,0052
2	1,0122
3	1,0193
4	1,0264
5	1,0336
6	1,0408
7	1,0481
8	1,0554
9	1,0628

Таблица 5.6 – *Карбонат калия*  $K_2CO_3$ 

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
1	1,007
2	1,016
4	1,034
6	1,053
8	1,071

10	1,090
12	1,110
14	1,129
16	1,149
18	1,169
20	1,190
24	1,232
28	1,276
35	1,355

Таблица 5.7 – Азотная кислота  $HNO_3$

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
4	1,022
8	1,044
12	1,068
16	1,093
20	1,119
20,79	1,120
22,38	1,130
23,94	1,140
25,48	1,150
27	1,160

Таблица 5.8 – Соляная кислота  $HCl$

Концентрация (массовая доля, %)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
4	1,019
8	1,039
12	1,059
16	1,079
18	1,083
20	1,100
24	1,121
28	1,142
32	1,163



36	1,183
----	-------



## Опыт 5.2 Приготовление раствора кислоты с заданной массовой долей из раствора кислоты с более высокой концентрацией

### Ход работы:

1. Получите задание у преподавателя. По плотности исходного раствора ( $\rho_1$  - более концентрированного раствора) определите массовую долю вещества ( $\omega_1$ ) в этом растворе, используя таблицу 5.1.2.
2. С помощью этой же таблицы по массовой доле раствора, который нужно приготовить или заданного раствора ( $\omega_2$ ), определите плотность этого раствора ( $\rho_2$ ). Все данные запишите в таблицу 5.1.3.
3. Рассчитайте объем исходного раствора ( $V_1$ ), который необходимо взять для приготовления раствора с заданной массовой долей, равной  $\omega_2$ , и объемом  $V_2$ .
4. Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, моляльность и титр раствора, который вам предстоит приготовить (или заданного раствора). Результаты всех расчетов приведите в таблице 5.9. Расчёт проверьте у преподавателя.

Таблица 5.9– Экспериментальные и расчетные данные

Вещество	Исходный раствор			Заданный раствор			Состав, полученного раствора			
	Плотность,	Массовая доля	Объем	Плотность,	Массовая доля	Объем	Молярная концентрация	Молярная концентрация эквивалента	молярность	титр
	$\rho_1$	$\omega_1$	$V_1$	$\rho_2$	$\omega_2$	$V_2$	$C(X)$	$C(1/z \cdot X)$	$B(x)$	$T$
	г/мл	%	мл	г/мл	%	мл	моль/л		моль/кг	г/мл

5. Отмерьте маленьким цилиндром или мерной пробиркой рассчитанный объем более концентрированного раствора кислоты ( $V_1$ ). Перелейте его в мерную колбу соответствующей вместимости.

6. Ополосните мерный цилиндр 1– 2 раза дистиллированной водой, сливая воду в мерную колбу. Затем в колбу налейте дистиллированной воды на 0,5 – 1,0 см ниже метки, после чего доведите объем раствора до метки, добавляя воду по каплям с помощью пипетки или промывалки. Затем плотно закройте колбу пробкой и тщательно перемешайте раствор, переворачивая колбу несколько раз. Приготовленный раствор сохраните.



Опыт 5.3 Приготовление раствора кислоты с заданной молярной концентрацией или молярной концентрацией эквивалента

### Ход работы:

1. Получите у преподавателя задание. По плотности исходного раствора ( $\rho_1$ ) из таблицы определите массовую долю кислоты ( $\omega_1$ ) в исходном более концентрированном растворе кислоты.

2. Рассчитайте объем исходного раствора  $V$  который нужно взять для приготовления

раствора с заданной молярной концентрацией –  $C(X)$  [или молярной концентрацией эквивалента –  $C(1/z \cdot X)$ ] объемом, равным  $V_2$ . Вычислите молярную концентрацию эквивалента (или молярную концентрацию), моляльность, титр раствора кислоты, который вам необходимо приготовить. Все данные внесите в таблицу 5.10 Правильность расчета проверьте у преподавателя.

Таблица 5.10–Экспериментальные и расчетные данные

Вещество	Исходный раствор			Заданный раствор			
	Плотность раствора	Массовая доля раствора	Объем раствора	Объем раствора	Молярная концентрация	Молярная Концентра эквивалента	Титр
	$\rho$	$\omega_1$	$V$	$v_2$	$C_2$	$C_2(1/z)$	$T$
	г/мл	%	мл	л	моль/л	моль/л	г/мл

3. Отмерьте мерным цилиндром или мерной пробиркой вычисленный объем  $V$ ,

исходного, более концентрированного раствора. Перелейте его в мерную колбу вместимостью 50 мл или 100 мл, соответствующую объему  $V_2$ . Ополосните мерный цилиндр 1– 2 раза дистиллированной водой, каждый раз, сливая воду в мерную колбу. Затем долейте в колбу дистиллированной воды до метки (последние 0,5 – 1 мл воды прибавляйте по каплям из пипетки или промывалки). Колбу плотно закройте пробкой и перемешайте полученный раствор, переворачивая колбу несколько раз.



Опыт 5.4 Определение концентрации растворов

титриметрическим методом

Титриметрический метод применяется для определения более точных значений концентраций растворов различных веществ. В данной работе необходимо определить концентрацию кислоты, приготовленной в опытах 5.1.2 или 5.1.3, либо выданной лаборантом.

Для работы необходимо иметь раствор карбоната натрия (или соды -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с известной молярной концентрацией эквивалента, индикатор - метилоранж, бюретку, закрепленную в штативе, пипетку, воронку, несколько конических колб, вместимостью 200 - 300 мл и стакан для слива избытка раствора из бюретки.

**Бюретка** позволяет точно отмерять любой объем жидкости в пределах ее вместимости. Бюретка представляет собой стеклянную градуированную трубку, снабженную притертым краном или стеклянным капилляром, присоединенным к бюретке с помощью резиновой трубки. Внутри резиновой трубки вставляют

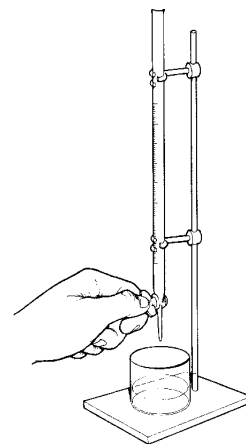


Рисунок 5.1

стеклянную бусинку, закрывающую выход жидкости из бюретки. Для вытекания жидкости резиновую трубку оттягивают от бусины нажатием на бусинку. Бюретку заполняют жидкостью через воронку.

**Пипетка** служит для измерения и переноса определенного объема жидкости. Для ее наполнения нижний конец пипетки опускают в жидкость до дна сосуда и с помощью груши набирают жидкость, следя за тем, чтобы кончик пипетки всё время находился в жидкости. Жидкость набирают так, чтобы она поднялась на 2-3 см выше метки, затем быстро закрывают верхнее отверстие указательным пальцем, придерживая в то же время пипетку большим и средним пальцами.



Рисунок 5.2

Далее ослабляют нажим указательным пальцем, жидкость начинает медленно вытекать из пипетки. Как только нижний мениск жидкости опустится до метки, палец снова плотно прижимают к верхнему отверстию пипетки. Затем

берут коническую колбу для титрования, в которую нужно перенести жидкость и вводят в колбу пипетку. Ставят ее на горлышко колбы, которую держат наклонно, отнимают указательный палец от отверстия пипетки и дают жидкости стечь вниз по стенке колбы.

### **Ход работы:**

1. Чистую бюретку ополосните раствором кислоты, а затем заполните ее с помощью воронки той же кислотой на 4-5 см выше нулевого деления. Избыток раствора кислоты слейте из бюретки так, чтобы в нижнем конце бюретки не осталось воздуха, и чтобы нижний мениск жидкости установился на нулевом делении бюретки. После этого можно приступать к титрованию.

2. Пипеткой вместимостью 15 – 25 мл, отмерьте в три конические колбы раствор соды, предварительно ополоснув ее раствором данной соли. В каждую колбу добавьте 2– 3 капли метилоранжа. Поставьте одну из колб с содой под бюретку на лист белой бумаги так, чтобы носик бюретки находился внутри колбы. Одной рукой медленно приливайте кислоту в колбу из бюретки, а другой непрерывно перемешивайте раствор круговым движением колбы в горизонтальной плоскости. *Место, куда попадает кислота, окрашивается в розовый цвет, при перемешивании розовая окраска исчезает, раствор снова окрашивается в желтый цвет.* Когда этот переход станет довольно медленным, начинайте приливать раствор кислоты по одной капле, тщательно перемешивая раствор. Титрование считается законченным, когда раствор соды от одной капли кислоты принимает неисчезающую, розовую окраску.

3. Запишите объем раствора кислоты, пошедший на титрование с точностью до 0,1 мл. Отсчет делений бюретки ведите по нижней части мениска, глаз при этом должен находиться на уровне мениска. Первое титрование является ориентировочным.

4. Повторите титрование 2– 3 раза. Кислоту в бюретке либо доводите

до нулевого деления, доливая кислоту, либо, если позволяет объем кислоты, оставшейся в бюретке, доводите до ближайшего деления, от которого удобно вести отсчет, и продолжаете титрование. Объемы израсходованной кислоты при титровании не должны отличаться больше чем на 0,2 мл.

5. Из полученных значений объема кислоты, пошедшей на титрование соды, найдите среднее значение и вычислите молярную концентрацию эквивалента кислоты и титр раствора кислоты:

$$C(1/z^* \text{кислоты}) = \frac{V(p - pa \text{ Na}_2\text{CO}_3) \cdot C(1/z^* \text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{кислоты})}$$

$$T(\text{кислоты}) = \frac{C(1/z^* \text{к} - \text{ты}) \cdot M(1/z^* \text{к} - \text{ты})}{1000}$$

Полученные данные занесите в таблицу 5.11

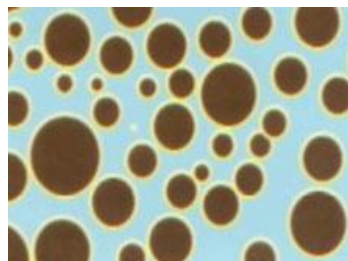
Таблица 5.1.5– Экспериментальные и расчетные данные

Номер опыта	Объем раствора		Молярная концентрация эквивалента		Титр раствора кислоты
			Соды	Кислоты	
	л	л	моль/л	моль/л	г/мл
1					
2					
3					

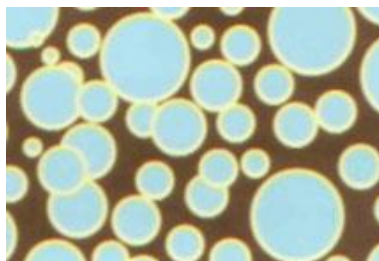
## 6. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ

Эмульсии – гетерогенные системы, состоящие из двух взаимно нерастворимых жидких фаз. одна из которых диспергирована в виде капель

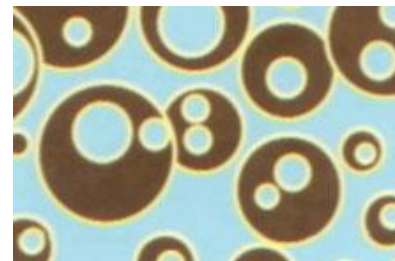
размером 0.1–100 мкм в другой непрерывной фазе, являющейся дисперсионной средой. Различают эмульсии неполярной жидкости в полярной – прямые эмульсии типа масло/вода (М/В), и эмульсии полярной жидкости в неполярной – обратные эмульсии типа вода/масло (В/М).



*Эмульсия «масло в воде»*



*Эмульсия "вода в масле"*

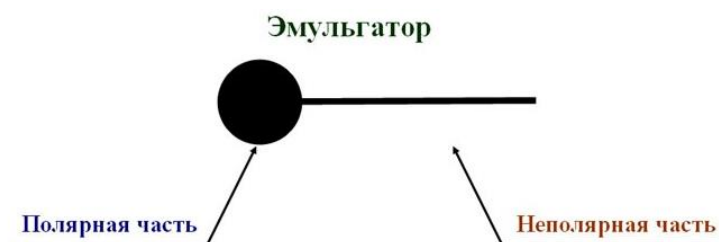


*Многофазная эмульсия*

Рисунок 6.1

Свойства эмульсий и условия их стабилизации определяются концентрацией дисперсной фазы в системе. Различают эмульсии разбавленные (содержание фазы менее 0.1 об.%), концентрированные (содержание фазы <74 об.%) и высоко концентрированные (>74 об.%).

Концентрированные эмульсии нельзя получить без введения в систему небольших добавок специальных веществ, называемых **эмульгаторами**. Механизм стабилизирующего действия эмульгаторов определяется их химической природой и различается для эмульсий различных типов. Каким образом работают эмульгаторы? Их гидрофильное “начало” соединяется с водной фазой, а гидрофобный “конец” – с масляной. Гидрофильный “конец” соединяется с маслом, а “начало” выдается в водную часть, соединяя таким образом обе фазы



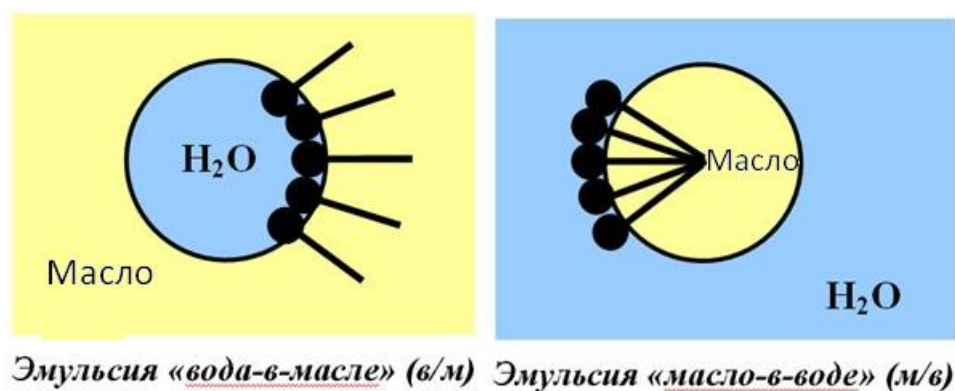


Рисунок 6.2

Стабилизаторами эмульсий могут быть:

1. Низкомолекулярные ПАВ. Стабилизирующее действие ПАВ связано с их адсорбцией и специфической ориентацией дифильных молекул. Для стабилизации прямых эмульсий необходимо, чтобы ПАВ хорошо растворялось в воде (мыла щелочных металлов, алкилсульфаты, алкилсульфонаты), для получения обратных – в масле (мыла щелочноземельных металлов) – правило Банкрофта. В зависимости от типа ПАВ (катионные, анионные, амфолитные, неионогенные) частицы эмульсий бывают незаряженными или несут положительны или отрицательный заряды.

2. Высокомолекулярные ПАВ. К этому классу стабилизаторов относятся синтетические и природные высокомолекулярные соединения – полимыла (полимеры винилового ряда), белки (желатин, сывороточный альбумин, казеин), сапонины. На границе раздела водный раствор/масло в результате адсорбции ВМС возникает гелеобразный межфазный слой, обладающий высокой структурной вязкостью.

3. Твердые эмульгаторы должны отвечать следующим требованиям:

1) Размер частиц порошка должен быть очень малым по сравнению с размером капли.

2) Частицы должны обладать способностью избирательно смачиваться одной из жидкостей и вследствие этого концентрироваться на границе раздела фаз. Гидрофильные частицы (глины, гипс, кремнезем, кальциты) стабилизируют прямые эмульсии, гидрофобные (сажа, полимерные порошки) – обратные.



3) Концентрация частиц на границе раздела фаз должна быть достаточной для образования фазовой пленки из плотно упакованных частиц.

Эмульсию одного типа можно превратить в эмульсию другого типа. Это явление называется обращением фаз эмульсии. Для того, чтобы вызвать такое обращение, надо изменить природу эмульгатора. Например, эмульсию бензола в воде, стабилизированную растворимым в воде олеатом натрия, легко превратить в эмульсию воды в бензоле. Для этого надо добавить раствор какой-нибудь соли с двух- или трехзарядным катионом, например  $\text{CaCl}_2$ . Хлорид кальция реагирует с олеатом натрия, и образуется нерастворимый в воде олеат кальция, который растворяется в бензоле и стабилизирует эмульсию воды в бензоле.

На практике тип эмульсий определяют следующими методами. По методу разбавления каплю эмульсии вносят в пробирку с водой. Если капля равномерно распределяется в воде, — это эмульсия м/в. Капля эмульсии в/м диспергироваться в воде не будет. Согласно методу окрашивания непрерывной фазы несколько кристаллов водорастворимого красителя, например, метилового оранжевого или метиленового синего окрашивают эмульсию м/в равномерно по всему объему. Эмульсия в/м равномерно окрашивается по всему объему жирорастворимым красителем. Тип эмульсий можно определить также по ее электропроводности (метод электропроводности). Высокие значения электропроводности указывают на то, что дисперсионной средой является полярная жидкость, а эмульсия относится к типу м/в. Малые значения электропроводности показывают на образование обратной эмульсии (типа в/м).

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** научиться получать эмульсии разных типов и определять их тип.



#### Опыт 6.1 Получение эмульсий

1. В две плоскодонные колбы налить по 10 мл гексана, окрашенного красителем судан-3 (судан хорошо растворяется в неполярных жидкостях и нерастворим в воде).

2. В одну из колб добавить 10 мл воды, в другую по каплям – 10 мл 2%-ного раствора олеата Na при непрерывном взбалтывании. Колбы плотно закрыть пробками и снова энергично встряхнуть для получения эмульсии (УЗДН).

3. Эмульсии налить в пробирки и сопоставить устойчивость эмульсий из 1-й и 2-й колбах.



### Опыт 6.2 Обращение фаз эмульсий

1. Половину эмульсии, стабилизированной олеатом натрия, перенести в чистую колбу (3) и добавить при встряхивании по каплям 0,5 мл 30%-ного раствора  $MgSO_4$  до образования устойчивой эмульсии.

2. Определить тип эмульсий, стабилизированных олеатом натрия и магния (колбы 2 и 3). Переносят 10 мл эмульсии в пробирку и измеряют время расслоения ее на две фазы. Оставшуюся часть эмульсии используют для определения ее типа (опыт 6.3).

3. Полученные результаты записывают в таблицу (указывают тип эмульсии до и после введения в нее раствора электролита). Анализируют полученные данные



### Опыт 6.3 Определение типа эмульсии

а) Каплю эмульсии и каплю воды помещают на предметное стекло и стекло наклоняют так, чтобы капли пришли в соприкосновение. Если капли сольются, то дисперсной фазой является вода, если не сольются — масло.

б) Пипеткой перенести по 1 капле эмульсии на предварительно обезжиренную поверхность предметного стекла и на пластинку, покрытую ровным слоем парафина. На стекле капля растекается в том случае, если эмульсия 1-го рода. На поверхности парафина капля этой эмульсии сохраняет сферическую форму.

в) На фильтровальную бумагу наносят каплю эмульсии. Если средой является вода, то капля сразу всасывается бумагой, на которой остается жирное пятно.

Капля	эмульсии	в/м	не	всасывается.
-------	----------	-----	----	--------------

в) Метод разбавления фаз основан на том, что эмульсия легко разбавляется жидкостью, служащей ее дисперсионной средой. В 2 бюкса поместить по 2– 3 мл эмульсии, стабилизированной олеатом Na. В один бюкс добавить 2– 3 мл воды, а в другой – 2– 3 мл гексана. Наблюдают, в каком из бюксов происходит смешение эмульсии и добавляемой жидкости. Аналогичный опыт проводят с эмульсией, стабилизированной олеатом Mg.

г) Эмульсию разливают в две пробирки. В одну пробирку добавляют несколько капель красителя метиленового синего, растворимого в воде, в другую несколько крупинок Судана I, растворимого в масле. Эмульсия м/в окрашивается в синий цвет (судан I в ней не растворяется). Эмульсия в/м окрашивается в красный цвет (метиленовый синий в ней не растворяется). Полученные данные записывают в таблицу



Опыт 6.4 Влияние соотношения объемов дисперсионной среды и дисперсной фазы на тип эмульсии.

В 5 пробирок наливают воду и масло (ксилол) в соотношении 1:4; 2:3; 3:2; 4:1; 4,5: 0,5 (общий объем смеси 5 мл). Добавляют в каждую пробирку несколько капель красителя судан III, 1 мл раствора эмульгатора (2% натриевого мыла) и встряхивают. Определяют тип эмульсии.

$1 : 4 = \text{в/м}; \quad 2 : 3 = \text{в/м}; \quad 3 : 2 = \text{м/в}; \quad 4 : 1 = \text{м/в}; \quad 4.5 : 0.5 = \text{м/в}.$

**Вывод:** если дисперсионной средой является полярная жидкость, в нашем случае вода, то тип эмульсии будет масло в воде (м/в). Если же дисперсионной средой является неполярная жидкость, в данном случае масло, то тип эмульсии будет вода в масле (в/м). В случаях 1:4; 2:3 - дисперсионной средой является масло, так как его больше, дисперсной фазой - вода, так как ее меньше. В случаях 3:2; 4:1; 4.5:0.5 - дисперсионной средой является вода, так ее взято в большем количестве, а дисперсной фазой - масло, так как его взято меньше.



Опыт 6.5 Влияние вязкости дисперсионной среды на устойчивость

## эмульсии

В пробирки добавить по 3 мл соответственно воды, 10% раствор глицерина и 20 % раствор глицерина. В каждую пробирку добавить по 1 мл ксилола, 0,5 мл натриевого мыла и несколько капель судан III.

Содержимое пробирок встряхнуть и отметить время расслаивания.

С масла	Время расслаивания, с
0.9	2.8
0.95	4.8
1.0	5.8
1.05	8.5
1.10	10.8

**Вывод:** увеличение вязкости затрудняет передвижение молекул, что следует из уменьшения интенсивности Броуновского движения, вероятность их столкновения становится меньше. Следовательно, устойчивость эмульсии увеличивается.



### Опыт 6.6 Приготовление концентрированной эмульсии толуола в воде

(эмульгатор – желатин)

Приготовить 0,5% раствор желатина в воде. К 10 мл этого раствора, подогретого до 40С, прибавить порциями при взбалтывании ксилол (или нефть). Таким образом можно ввести до 10 мл ксилола. Приготовленную эмульсию оставляют стоять около 1 часа. При этом она становится желеобразной и не выливается из пробирки. Тип эмульсии - «м/в».



### Опыт 6.7 Разрушение эмульсии

а) Оставшуюся в колбе эмульсию разделяют на две части. В одну добавляют по каплям при встряхивании 1 н раствор HCl, а в другую – промышленный деэмульгатор. Что происходит?

В отчете необходимо объяснить причину обращения фаз и разрушения эмульсии, а также нарисовать схемы строения полученных в обоих случаях эмульсий с указанием ориентировки молекул эмульгатора на границе между дисперсной фазой и дисперсионной средой.

## 7. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### 7.1 Химические свойства кислот.



#### Опыт 7.1.1 Ознакомление со свойствами кислот

Для находящихся в закрытых склянках в вытяжном шкафу концентрированных растворов соляной, серной и азотной кислот, а также для находящейся там же борной кислоты укажите физическое состояние и цвет.

Разбавленные растворы этих кислот, имеющиеся на лабораторных столах, налейте в пробирки (борную кислоту предварительно растворите в дистиллированной воде) и испытайте их действие на метилоранж. Как изменяется окраска индикатора? Чем обусловлено это изменение?

Испытайте действие раствора борной кислоты на раствор индикатора метилрот (метиловый красный). Как изменяется окраска индикатора? Объясните разницу в действии раствора борной кислоты на использованные индикаторы с помощью понятий «сила кислоты» и «интервал перехода окраски индикатора».



#### Опыт 7.1.2 Взаимодействие растворов обычных кислот с металлами.

Испытайте действие разбавленных растворов соляной и серной кислот на цинк и медь. Через некоторое время наблюдайте, в каких пробирках происходит выделение газа. Дайте объяснение наблюдаемому различию в действии цинка и меди на разбавленные растворы выбранных кислот с помощью понятия

«активность металла». Обратите внимание на положение цинка и меди относительно водорода в ряду стандартных электродных потенциалов. Напишите уравнения реакций. К какому типу относятся эти реакции?



### Опыт 7.1.3 Взаимодействие растворов кислот с основными оксидами.

Испытайте действие разбавленного раствора соляной кислоты на порошок оксида кальция. Что наблюдается? Напишите уравнение реакции.

**Примечание:** При использовании оксида кальция, находившегося длительное время на воздухе, можно наблюдать побочную реакцию, протекающую с выделением газа. С чем это связано?



### 7.1.4 Взаимодействие кислот с основаниями (реакция нейтрализации).

Поместите в пробирку взятый на кончике шпателя порошок гидроксида кальция, и добавьте 1–2 мл разбавленного раствора соляной кислоты. Что наблюдается? Напишите уравнение реакции.

**Примечание:** При использовании гидроксида кальция, находившегося длительное время на воздухе, можно наблюдать побочную реакцию, протекающую с выделением газа. С чем это связано?

## 7.2 Химические свойства оснований.



### Опыт 7.2.1 Ознакомление со свойствами оснований.

Для находящихся в бюксах в вытяжном шкафу оснований (гидроксидов натрия, калия и кальция) укажите физическое состояние и цвет. Поместите пинцетом в одну пробирку гранулу гидроксида натрия, а в другую на кончике шпателя немного порошка гидроксида кальция. Прибавьте в каждую пробирку 1–2 мл воды и перемешайте стеклянной палочкой. Добавьте в каждую пробирку по 1 капле фенолфталеина. Чем вызвано изменение окраски индикатора?



### Опыт 7.2.2 Взаимодействие металлического натрия с водой

В кристаллизатор наливают дистиллированной воды и добавляют по несколько капель раствора фенолфталеина. Отрезают скальпелем на листе фильтровальной бумаги кусочек натрия, обсушивают фильтровальной бумагой и опускают в кристаллизатор (Глаза защищают очками!)



### Опыт 7.2.3 Получение и термическое разложение оснований.

Используя растворы соли меди (II) и гидроксида натрия, получите гидроксид меди (II). Укажите цвет осадка. Осторожно нагрейте содержимое пробирки в пламени газовой горелки. Для предупреждения выброса нагревайте верхнюю часть содержимого пробирки. Что наблюдается? Сделайте вывод о разложении гидроксида меди (II) при нагревании. Напишите уравнения реакций.



### Опыт 7.2.4 Получение и свойства амфотерных гидроксидов.

Налейте в пробирку несколько капель раствора сульфата цинка. Добавьте несколько капель разбавленного раствора гидроксида аммония (водного раствора аммиака). **Осторожно! Резкое вдыхание аммиака может привести к потере сознания.** Что при этом образуется?

Содержимое пробирки разделите на две части. Испытайте отношение гидроксида цинка к раствору соляной кислоты и избытку раствора гидроксида натрия. Что наблюдается? Напишите уравнения соответствующих реакций, учитывая, что при растворении гидроксида цинка в растворе гидроксида натрия образуется тетрагидроксоцинкат натрия  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$



### Опыт 7.2.5 Реакция нейтрализации

Налить в пробирку немного раствора щёлочи, прибавив к раствору 2-3 капли фенолфталеина. Добавлять по каплям раствор кислоты (помешивая стеклянной палочкой) до исчезновения окраски индикатора. Составить уравнение реакции нейтрализации

### 7.3 Получение и свойства оксидов.



#### Опыт 7.3.1 Получение основного оксида.

В металлическую ложечку для сжигания положите немного стружки магния и нагрейте их в пламени газовой горелки до воспламенения магния.

**Осторожно! Магний горит очень ярко.** Напишите уравнение реакции. Отметьте цвет оксида. Сохраните полученный оксид для следующего опыта.



#### Опыт 7.3.2 Взаимодействие основного оксида с водой.

Полученный в предыдущем опыте оксид (**после его охлаждения!**) перенесите в пробирку и добавьте 1-2 мл воды и 2-3 капли фенолфталеина. Как изменилась окраска? Напишите уравнение реакции взаимодействия оксида магния с водой.



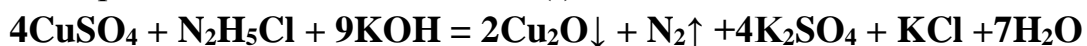
#### Опыт 7.3.3 Получение кислотного оксида.

Положите в пробирку кусочек мела и прибавьте несколько капель раствора соляной кислоты. Что наблюдается? Получите углекислый газ в аппарате Киппа, в котором протекает аналогичная реакция соляной кислоты с мрамором. Напишите уравнение реакции. Сделайте заключение об устойчивости угольной кислоты.



#### Опыт 7.3.4 Получение и свойства оксида меди(I)

В химический стакан емкостью 250 мл наливают примерно до половины его объема 5% раствор сульфата меди (II), ставят на магнитную мешалку, включают электро нагрев и при непрерывном перемешивании добавляют около 10 мл концентрированного раствора хлорида гидразиния, а затем, не прекращая перемешивания, около 50 мл 30% раствора гидроксида калия. Выпадает оранжево-красный осадок оксида меди(I)  $\text{Cu}_2\text{O}$  и выделяется газ –  $\text{N}_2$ :



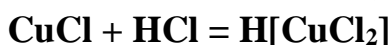
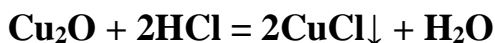
Затем прекращают перемешивание, дают отстояться суспензии в течение нескольких минут, после чего сливают раствор с осадка. Осадок несколько раз промывают водой декантацией.



Часть полученного оксида меди(I) переносят во второй стакан, в который затем добавляют по каплям и при перемешивании 10% серную кислоту. Реакционная смесь приобретает голубой цвет, характерный для аквакатионов меди(II), которые появляются в результате реакции дисмутации; оранжево-красный осадок становится розоватым (металлическая медь). Протекает реакция:



Вторую порцию оксида меди(I) переносят в третий стакан и обрабатывают концентрированной соляной кислотой, добавляя ее по каплям. Сначала наблюдают появление белого осадка хлорида меди(I)  $\text{CuCl}$ , а затем его растворение за счет комплексообразования:



К оставшемуся в первом стакане оксиду меди(I) добавляют концентрированный (25%) раствор аммиака. Наблюдают растворение осадка в результате образования комплексного соединения:



Опыт 7.3.5 Горение алюминия

Поджигают сухое горючее на асбестовом листе. Взяв шпателем из бюкса немного алюминиевой пудры, небольшими порциями ссыпают ее сверху в пламя горелки. Металл вспыхивает ярким пламенем, разбрасывая искры и выделяя белый дым (аэрозоль оксида алюминия). При сгорании алюминия выделяется большое количество теплоты:

## 7.4 Получение и химические свойства солей.



Опыт 7.4.1 Взаимодействие солей с металлами.

Налейте в пробирку раствор сульфата меди (II) и опустите кусочек цинка. Что наблюдается? Напишите уравнение реакции. Отметьте положение меди и цинка в ряду стандартных электродных потенциалов. Будет ли взаимодействовать медь с раствором соли цинка? Сделайте обобщающий вывод о взаимодействии растворов солей с металлами.



#### Опыт 7.4.2 Получение солей реакцией обмена.

Налейте в пробирку несколько капель раствора хлорида натрия и добавьте 2-3 капли раствора нитрата серебра. Что является признаком протекания этой реакции? Напишите уравнение.



#### Опыт 7.4.3 Взаимодействие алюминия с иодом .

Кристаллический иод растереть в фарфоровой ступке, смешать с сухой алюминиевой пылью в объемном отношении 1:1, перенести полученную смесь в фарфоровую чашку, или на железную или асбестовую пластинку и уложить небольшой горкой, на вершине которой сделать ямку. В эту ямку пипеткой внести 5– 6 капель дистиллированной воды, которая активирует окислительно–восстановительную реакцию. Взаимодействие сопровождается большим тепловыделением, наблюдается вспышка смеси и выделение фиолетовых паров иода.

**Примечание.** Опыт проводится под тягой или с использованием стеклянного колокола большого объема. Если после добавления воды реакция не начинается в течение 3–5 мин, это означает, что частицы алюминия при долгом хранении на воздухе покрылись пленкой оксида алюминия. В этом случае можно добиться начала реакции алюминия с иодом, вводя из капельницы в смесь 2–3 капли соляной кислоты.

Напишите уравнение реакции:

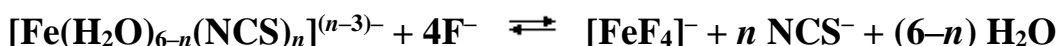


#### Опыт 7.4.4 Взаимодействие солей железа(III) с тиоцианат-ионами

В химический стакан наливают 20 мл 5% раствора хлорида железа(III) и добавляют 5% раствор тиоцианата аммония до появления кроваво-красной окраски раствора за счет образования тиоцианатных комплексов железа(III):



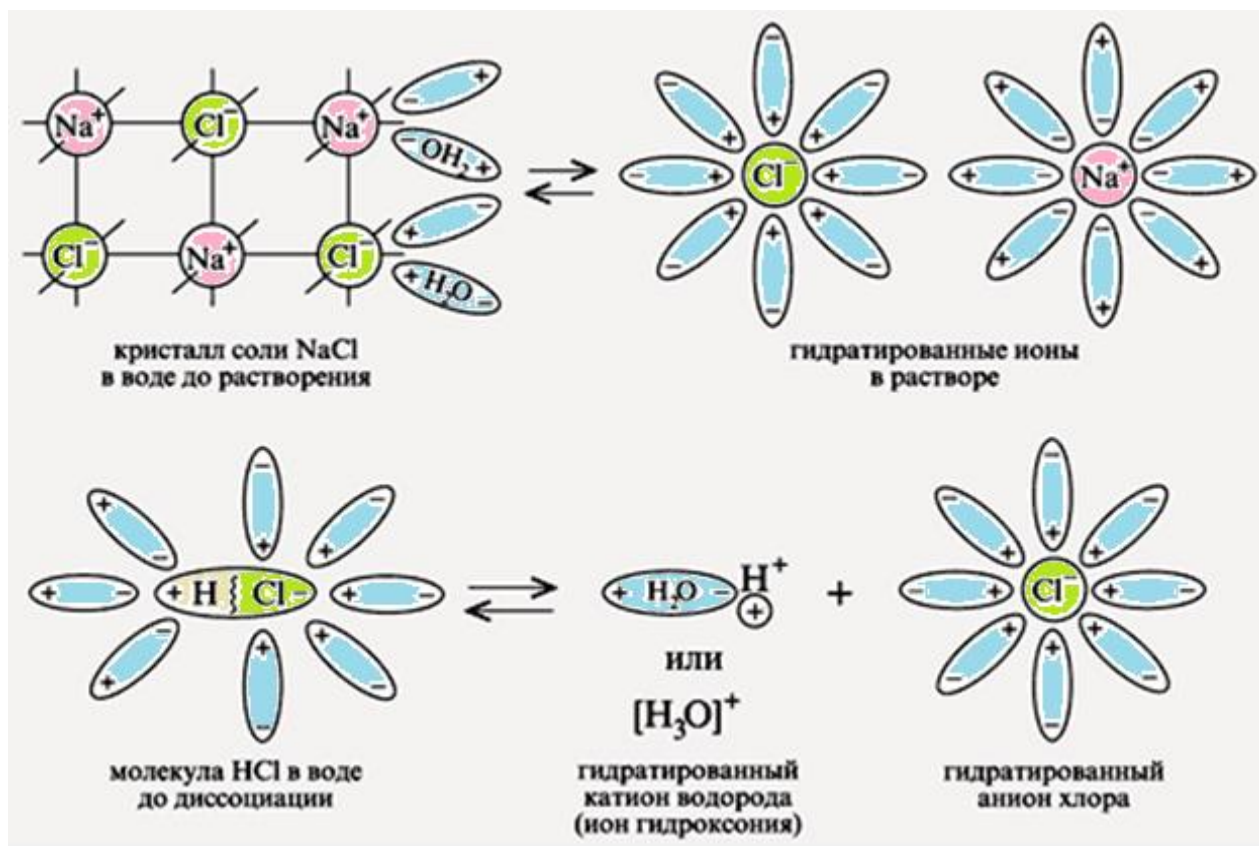
Затем к полученному раствору приливают раствор фторида калия. Наблюдают исчезновение красной окраски за счет образования более прочных бесцветных тетрафтороферрат(III)-ионов:



## 8. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

**Электролиты** — вещества, проводящие электрический ток в расплавленном и растворенном состоянии. В среде высокой диэлектрической проницаемости (спирты, вода и др.) они распадаются на ионы. Процесс распада молекул на ионы называется **электролитической диссоциацией**.

Диссоциация электролитов на ионы сопровождается сольватацией, т.е. взаимодействием ионов с полярными молекулами растворителя. Если растворителем является вода, то термин сольватация заменяется термином гидратация.



Электролитическая диссоциация – процесс обратимый, и в растворах электролитов существует равновесие между ионами и молекулами.



**Степень диссоциации ( $\alpha$ )** показывает отношение числа молекул, распавшихся на ионы ( $N'$ ), к общему числу растворенных молекул ( $N$ ).

$$\alpha = \frac{N'}{N}$$

Степень диссоциации электролита определяется опытным путем и выражается в долях единицы или в процентах. Если  $\alpha = 0$ , то диссоциация отсутствует, а если  $\alpha = 1$  или 100%, то электролит полностью распадается на ионы. Если же  $\alpha = 20\%$ , то это означает, что из 100 молекул данного электролита 20 распалось на ионы.

Степень диссоциации зависит от природы электролита, его концентрации, природы растворителя, присутствия в растворе одноименных ионов, температуры. Для одного и того же электролита при данной температуре  $\alpha$  увеличивается с разбавлением раствора; при больших разбавлениях электролит

полностью диссоциирует ( $\alpha \rightarrow 1$ ). С увеличением температуры  $\alpha$  также увеличивается.

По степени диссоциации электролиты делятся на сильные, средние и слабые. К сильным электролитам относятся такие, которые в 0,1 М растворе имеют  $\alpha > 30\%$ . Сильными электролитами являются: 1) почти все соли (кроме  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  и некоторые другие); 2) многие минеральные кислоты, например  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HClO}_4$  и др.;

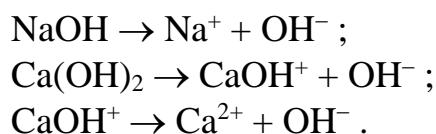
3) основания щелочных и щелочно-земельных металлов, например  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и др.

У средних электролитов  $\alpha = 3-30\%$  в 0,1М растворах; к ним относятся, например,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Для слабых электролитов в 0,1М растворах  $\alpha < 3\%$ ; слабыми электролитами являются  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{HClO}$  и др., а также большинство оснований многовалентных металлов,  $\text{NH}_4\text{OH}$  и вода.

Об относительной силе электролитов можно судить по электрической проводимости их растворов.

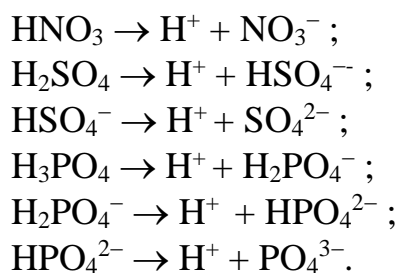
**Диссоциация оснований.** Согласно теории электролитической диссоциации, основания – это электролиты, которые при диссоциации образуют только один вид анионов – гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$ :



Ступенчатость диссоциации обуславливает возможность образования основных и кислых (см. ниже) солей.

**Диссоциация кислот.** Кислоты – это электролиты, которые при диссоциации образуют только один вид катионов – катионы водорода  $\text{H}^+$ .



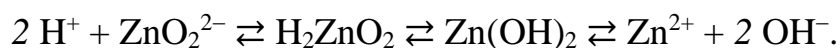


**Диссоциация амфотерных гидроксидов.** Амфотерные гидроксиды диссоциируют в водном растворе как по типу кислоты, так и по типу основания. При их диссоциации одновременно образуются катионы  $\text{H}^+$  и гидроксид-анионы  $\text{OH}^-$ :



К ним относятся гидроксиды цинка  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , хрома  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , свинца  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  и др.

Например, диссоциация  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ :

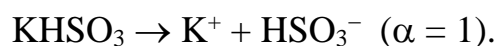


### **Диссоциация солей**

1. Средние соли – это электролиты, при диссоциации которых в водных растворах образуются катионы металла и анионы кислотного остатка. Например,



1. Кислые соли при растворении в воде образуют катион металла и сложный анион из атомов водорода и кислотного остатка:



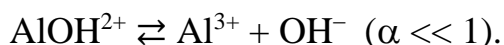
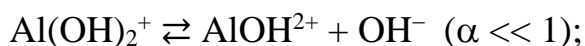
Сложный анион диссоциирует частично:



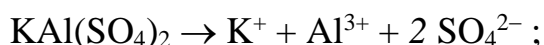
2. Основные соли при диссоциации образуют анионы кислотного остатка и сложные катионы, состоящие из атомов металла и гидроксо-групп  $\text{OH}^-$ :



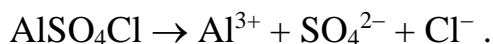
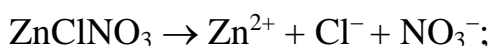
Сложный катион диссоциирует частично:



3. В результате диссоциации водный раствор двойной соли содержит два катиона и анион кислотного остатка:



4. Сложные соли диссоциируют на катион металла и анионы кислотных остатков. Например,



**Константа диссоциации.** К равновесию, которое устанавливается в растворе слабого электролита между молекулами и ионами, можно применить законы химического равновесия и записать константу равновесия:



$$K = \frac{[\text{K}^+][\text{A}^-]}{[\text{KA}]} = \text{const} = f(t)$$

Константа равновесия, отвечающая диссоциации слабого электролита, называется константой диссоциации.

**Связь константы диссоциации и степени диссоциации**

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}$$

Таким образом, при увеличении концентрации электролита степень диссоциации уменьшается, при уменьшении — возрастает.

Равновесия в слабых электролитах подчиняются **закону разведения Оствальда**. Если общая концентрация электролита, например, слабой кислоты типа НА равна  $C$  моль/л, тогда концентрация ионов  $H^+$  и  $A^-$  будет определяться выражением  $C\alpha$  (моль/л),  $[H^+] = [A^-]$ , а концентрация недиссоциированного электролита  $(C - C\alpha)$ . Тогда

$$K_d = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}.$$

При  $\alpha \ll 1$  получим  $K_d = C\alpha^2$ . Откуда

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}$$

Смещение ионного равновесия, которое приводит к увеличению или уменьшению степени диссоциации слабого электролита, осуществляется по принципу Ле Шателье. Введение в раствор одноименного иона, т.е. увеличение концентрации одного из продуктов реакции, приводит к смещению ионного равновесия влево, в сторону образования молекул или к уменьшению степени диссоциации электролита. Наоборот, связывание одного из ионов в мало диссоциированное вещество ведёт к повышению степени диссоциации электролита.

**Активность ионов.** В растворах сильные электролиты распадаются на ионы практически полностью, поэтому концентрация ионов довольно велика. Между ионами действуют силы взаимодействия, даже при небольшой концентрации электролита. Ионы не являются свободными при движении, и свойства электролита, зависящие от числа ионов, проявляются слабее, чем если



бы ионы не взаимодействовали между собой. В связи с этим состояние ионов описывают **активностью** – условной (эффективной) концентрацией ионов, в соответствии с которой они действуют в химических процессах.

Активность иона  $a$  (моль/л) связана с его молярной концентрацией в растворе  $C_m$  соотношением

$$a = f C_m,$$

где  $f$  – коэффициент активности иона (безразмерная величина). Коэффициенты активности ионов зависят от состава и концентрации раствора, заряда и природы иона и других условий.

В разбавленных растворах при  $C_m \ll 0,5$  моль/л природа иона слабо влияет на значение  $f$ . Приближенно считают, что в разбавленных растворах  $f$  иона в данном растворителе зависит только от заряда иона и ионной силы раствора  $I$ , которая равна полусумме произведений концентрации  $C_m$  каждого иона на квадрат его заряда  $Z$ :

$$I = 0,5 (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2) = 0,5 \sum_{i=1,2,3,\dots,n} C_i Z_i^2.$$

Например, для 2 М раствора электролита  $\text{CaCl}_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Cl}^-$  ионная сила раствора равна

$$I = 0,5 (2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 1^2) = 5.$$

Значения коэффициентов активности ионов в разбавленных растворах в зависимости от их заряда и ионной силы раствора приведены в Приложении 1.

## 8.1 Лабораторная работа .Электролитическая диссоциация

Цель работы:

Изучение электрической проводимости растворов электролитов и зависимости её от различных факторов, умение предсказывать направление обменной реакции в растворах электролитов.

#### Оборудование и реактивы:

Прибор для испытания электрической проводимости растворов. Бюретка (50 мл). Промывалка. Пробирки конические. Стандартный штатив с реактивами. Ацетат натрия (крист.). Хлорид аммония. Индикаторы: фенолфталеин, метилоранж. Растворы: уксусной кислоты (0,1 М; 70 %- ный), аммиака (0,1 М; 25 %- ный), гидроксида натрия (0,1 М; 40 %- ный), азотной кислоты (0,1 М), соляной кислоты (0,1 М), гидроксида калия (0,1 М), серной кислоты (0,02 М), гидроксида бария (0,02 М), сульфата алюминия (0,1 М).



#### Опыт 8.1.1 Изучение электрической проводимости растворов

*После каждого испытания выключать прибор из электрической сети и промывать электроды дистиллированной водой!*

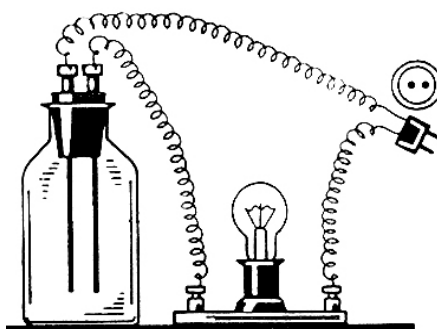


Рисунок 8.1– Прибор для испытания электрической проводимости растворов

**А.** В прибор для испытания электрической проводимости растворов (рис.2) налить дистиллированной воды, опустить предварительно промытые дистиллированной водой угольные электроды, включить вилку прибора в электрическую сеть. Отметить визуально степень накала лампы.

**Б.** Исследовать электрическую проводимость (см. опыт 1.А.) каждого из шести 0,1 М растворов:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ .

Записать результаты наблюдений, отмечая степень накала лампы. По степени накала лампы сделать вывод: сильным или слабым электролитом является тот или иной раствор.

**В.** Смешать равные объемы растворов: 1) сильной кислоты и сильного основания; 2) слабой кислоты и слабого основания. Испытать электрическую проводимость полученных растворов (см. опыт 1.А). Записать наблюдения и составить уравнения реакций в молекулярной и ионной формах. Сделать вывод об электрической проводимости полученных растворов.



#### Опыт 8.1.2. Зависимость электрической проводимости раствора (степени диссоциации электролита) от разбавления

В прибор (см. опыт 1.А) налить минимальный объем концентрированного раствора уксусной кислоты, необходимый для погружения электродов, включить прибор в электрическую сеть и отметить степень накала лампы. Затем кислоту разбавить, добавляя постепенно дистиллированную воду. Как меняется степень накала лампы? Чем объяснить наблюдаемое явление?

Прибор и электроды промыть водопроводной водой, затем дистиллированной и повторить опыт с концентрированным раствором аммиака. Сделать общий вывод из наблюдений.



#### Опыт 8.1. 3 Изменение электрической проводимости раствора в результате смещения ионного равновесия

Исследовать отдельно электрическую проводимость 0,02 М раствора серной кислоты и 0,02 М раствора гидроксида бария (см. опыт 1.А). Затем исследовать электрическую проводимость 0,02 М раствора гидроксида бария в присутствии 0,02 М раствора серной кислоты. Для этого в прибор поместить раствор гидроксида бария и добавить 2-3 капли раствора фенолфталеина. Раствор серной кислоты добавлять по каплям из бюретки через воронку, вставленную в крышку прибора. Наблюдать за изменением окраски индикатора и степени накала лампы.

Какова электрическая проводимость раствора в момент исчезновения окраски индикатора (в точке эквивалентности)? Что происходит при добавлении к раствору избытка серной кислоты? Объяснить наблюдаемые явления.



**Опыт 8.1.4** Влияние одноименного иона на степень диссоциации слабого электролита (смещение равновесия диссоциации)

**А.** В пробирку налить разбавленный раствор аммиака и добавить 2-3 капли фенолфталеина. Раствор разделить на две части. Одну оставить для сравнения, а в другую добавить немного твёрдого хлорида аммония и хорошо размешать. Объяснить изменение цвета раствора, исходя из принципа Ле Шателье и константы диссоциации.

Сделать вывод о влиянии одноименного иона на степень диссоциации слабого электролита.

**Б.** Налить в две пробирке по 5...6 капель 0,1 Н раствора уксусной кислоты и по 1...2 капли раствора метилового оранжевого. Затем в одну из пробирок ввести 2...3 кристаллика ацетата натрия. Пробирку встряхнуть. Сравнить интенсивность окраски в пробирках. Объяснить причину изменения окраски раствора.



**Опыт 8.1.5** Смещение ионного равновесия в насыщенном растворе амфотерного электролита.

В пробирку налить десять капель раствора соли алюминия. К раствору соли алюминия приливать по каплям разбавленный раствор гидроксида натрия до появления осадка гидроксида алюминия. Разделить осадок на две части (на две пробирки). К одной части прилить избыток соляной кислоты, к другой – избыток концентрированного раствора щёлочи. Что наблюдается в том и другом случае? Объяснить происходящее явление с точки зрения смещения ионного равновесия в насыщенном растворе гидроксида алюминия. Составить ионные уравнения реакций, учитывая, что амфотерный гидроксид плохо растворим в воде.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называют электролитами и неэлектролитами?
2. В чём заключаются основные положения электролитической диссоциации?
3. Объяснить процесс диссоциации солей, оснований и кислот с точки зрения строения атомов и молекул.
4. Реакции диссоциации электролитов являются обратимыми. Объяснить, что это значит? Как записывают уравнения реакций диссоциации?
5. Какие электролиты называют сильными, а какие слабыми? Привести примеры.
6. Как зависит способность электролитов к диссоциации от вида химической связи?
7. В 1 л раствора содержится 0,25 г хлорида натрия. Вычислить концентрацию ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и общую концентрацию всех ионов.
8. В 1 л 0,01 н раствора муравьиной кислоты  $\text{НСООН}$  при комнатной температуре содержится 0,06 г ионов  $\text{НСОО}^-$ . Найти константу диссоциации.
9. При какой концентрации уксусной кислоты  $\text{СН}_3\text{СООН}$  в водном растворе  $\alpha = 1\%$  ? При какой концентрации  $\alpha$  в 2 раза больше, если  $K_{\text{дис.}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$  ?
10. Принимая во внимание первую ступень диссоциации сероводородной кислоты, определить  $\alpha$  (%) для её 0,01 М раствора (см. приложение 4).
11. Написать следующие молекулярные уравнения реакций в ионном виде:
  - а)  $\text{Zn(OH)}_2 + 2 \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ;
  - б)  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2 \text{HCl} = 2 \text{NaCl} + \text{Zn(OH)}_2$ .

## Приложение 1

Таблица 1– Растворимость некоторых веществ в воде  
( в г на 100 г раствора в пересчете на безводную соль)

Вещество	Температура °С								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	23,8	25,1	26,6	28,8	31,4	34,3	37,1	42,2	47,1
<b>BaCl<sub>2</sub></b>	-	25,0	26,4	27,7	29,0	30,0	31,6	34,3	37,0
<b>NaNO<sub>3</sub></b>	42,2	44,6	46,8	49,0	51,2	53,3	55,5	59,7	63,5
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	41,9	43,8	45,8	47,8	49,6	51,0	52,8	57,0	62,0
<b>NaCl</b>	26,21	26,3	26,4	26,5	26,81	27,0	27,14	27,65	28,38
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	6,6	11,2	17,8	29,0	33,2	32,2	31,7	-	-
<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	6,45	7,58	8,76	-	-	12,67	14,09	-	-
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	4,5	8,2	16,1	28,8	32,5	31,9			29,9
<b>NH<sub>4</sub>Cl</b>	23,0	25,1	27,1	29,3	31,5	33,5	39,6	39,6	43,6
<b>NiSO<sub>4</sub></b>	21,4	-	-	29,8	-	33,4	35,4	38,7	43,4
<b>KCl</b>	22,2	23,8	25,8	27,2	28,7	30,1	31,3	33,8	36
<b>KNO<sub>3</sub></b>	11,6	17,7	24,1	31,5	39,1	46,2	52,5	62,8	71,1
<b>KMnO<sub>4</sub></b>	2,8	4,0	6,0	8,3	11,2	14,4	20		
<b>K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	4,4	7,5	11,1	15,4	20,6	25,9	31,2	41,1	50,5
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	6,9	8,5	10,0	11,5	13,1	14,2	15,4	17,6	19,4
<b>KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	3,1	4,4	5,7	9,2	12,0	-	26,7		71,4
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	12,9	14,8	17,2	20,0	22,8	25,1	28,1	34,9	42,4
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	15,5	17,0	21,0	24,8	28,6	32,7	35,5	30,4	-
<b>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	26,7	26,7	30,8	34,3	37,8	41,0	44,0	46,8	51,8

## Приложение 2

### Размер единиц СИ и некоторых внесистемных единиц

**Метр** – длина пути, проходимого в вакууме светом за  $1/299792458$  секунды

Рекомендуемые кратные и дольные единицы, образованные от метра: км, см, мм, мкм, нм. Наравне с единицами СИ допущены к применению следующие внесистемные единицы:

ангстрем  $\text{\AA}$  –  $10^{-10}$  м;

астрономическая единица ( а.е.)  $10,0 = 1,49597870 \cdot 10^{11}$  м;

дюйм (in, – ); 1 дюйм = 0,0254 м;

миля морская (n, mile, –) 1 миля морская = 1852 м;

миля сухопутная (mile, – ); 1 миля сухопутная = 1609, 344 м;

парсек (pc, пк); 1 пк =  $3,085678 \cdot 10^{15}$  м;

световой год (1 у, св. год); 1 св. год =  $9,460530 \cdot 10^{15}$  м;

ферми (–,–); 1 ферми =  $1 \cdot 10^{-35}$ ;

фут (ft, – ); 1 фут = 0,3048 м;

ярд (yd, –); 1 ярд = 0,844 м.

**Секунда** равна 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия –133 (XIII Генеральная конференция мер и весов, 1967 г.).

Рекомендуемые **кратные** и **долные** единицы времени: кс, мс, мкс, нс.

Внесистемные единицы времени, допускаемые к применению наравне с единицами СИ: минута (мин.), час (ч), сутки (сут).

**Кельвин** равен  $1/273,16$  термодинамической температуры тройной точки воды (XIII Генеральная конференция мер и весов, 1967 г.).

Переход от шкалы Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ) к шкале Кельвина ( $T_{\text{K}}$ ) осуществляется по формуле:

$$T_K = t \text{ }^{\circ}\text{C} + 273,16.$$

**Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма из платиноиридиевого сплава, хранящегося в Международном бюро мер и весов в Париже.

Внесистемные единицы массы:

атомная единица массы (и, а.е.м.);

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг};$$

$$\text{грамм (g, г); } 1 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$\text{гран (gr, -); } 1 \text{ гран} = 6,479891 \cdot 10^{-5} \text{ кг};$$

$$\text{карат _-, кар); } 1 \text{ кар} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг};$$

$$\text{тонна (t, т); } 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг};$$

$$\text{унция аптекарская ( -); } 1 \text{ унц. апт.} = 31,1035 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$\text{унция торговая (о apoth, -); } 1 \text{ унц. торг.} = 28,3495 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$\text{фунт торговый (eb, -); } 1 \text{ фунт торг.} = 0,45359237 \text{ кг};$$

$$\text{Фунт в системе русских мер (-,-); } 1 \text{ фунт в системе русских мер} = 0,40951241 \text{ кг};$$

$$\text{фунт (США) [eb(US)]; } 1 \text{ фунт США} = 0,4535924277 \text{ кг}.$$

**Кандела** – сила света, в данном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1,683 Вт на стерадиан (XVII Генеральная конференция по мерам и весам, 1979 г.).

**Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде –  $^{12}\text{C}$ , массой 0,012 кг.

При применении моль структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфированными группами частиц (XIV Генеральная конференция по мерам и весам, 1971 г.).



Если однородная система содержит  $N$  частиц, то ее количество вещества

$$n(\nu) \frac{N}{N_A},$$

где  $N_A$  – постоянная Авогадро,  $N_A = 6,0221367(36) \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

Таблица2– Произвольные единицы СИ

Префикс	Символ	Множитель	Префикс	Символ	Множитель
а) образующиеся умножением на фактор $10^3$					
экса	Э	$10^{18}$	милли	м	$10^{-3}$
пета	П	$10^{15}$	микро	мк	$10^{-6}$
тера	Т	$10^{12}$	нано	н	$10^{-9}$
гига	Г	$10^9$	пико	п	$10^{-12}$
мега	М	$10^6$	фемто	ф	$10^{-15}$
кило	К	$10^3$	атто	а	$10^{-18}$
б) образующиеся умножением на фактор $10^1$					
гекто	г	$10^2$	деци	д	$10^{-1}$
дека	да	$10^1$	санتي	с	$10^{-2}$

Миллионная доля – млн<sup>-1</sup>, р рт; 1 млн<sup>-1</sup> =  $1 \cdot 10^{-4}$  %.

Таблица3–Соотношение внесистемных единиц длины и единиц СИ

Единица длины*	$M$	$A^\circ$	фm	$g$
Метр*, 1 м (СИ)	1	$10^{10}$	3,2787	$3,94 \cdot 10$
Ангстрем, 1 $A^\circ$	$10^{-10}$	1	$3,2787 \cdot 10^{-10}$	$3,94 \cdot 10^{-9}$
Фут, 1 фт (ft)	0,305	$0,305 \cdot 10^3$	1	12
Дюйм, 1 д (in)	$25,4 \cdot 10^{-3}$	$25,4 \cdot 10^{-7}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	1

\* производные: км, см, мм, мкм, нм.

Таблица3–Соотношение внесистемных единиц массы и единиц СИ

Единица массы*	кг	г	Унция аптекарская	ф
Килограмм, 1 кг (СИ)	1	$10^3$	32,2	2,2046
грамм, 1 г	$10^{-3}$	1	$3,22 \cdot 10^{-2}$	$2,2046 \cdot 10^{-3}$
Унция аптекарская, 1 ун. аптек. (1 oz apoth.)	$31,1035 \cdot 10^{-3}$	31,1035	1	$68,5715 \cdot 10^{-3}$
Фунт, 1 ф (f)	0,45359236	$4,5359 \cdot 10^2$	14,6	1

\* производные: Мг, г, мг, мкг; вспомогательная единица – 1 тонна (т) =  $10^3$  кг

Таблица4–Соотношение внесистемных единиц объёма и единиц СИ

Единица объёма*	м <sup>3</sup>	л	брл.	nm	ун
Кубический метр, 1 м <sup>3</sup> (СИ)	1	$10^3$	8,64842	$1,7597 \cdot 10^3$	$3,5195 \cdot 10^4$
1 л, литр	$10^{-3}$	1	$8,64842 \cdot 10^{-3}$	1,7597	35,195
1 брл. (bel), сухой баррель (амер.)	0,115628	$1,15628 \cdot 10^2$	1	$2,03477 \cdot 10^2$	$4,0695 \cdot 10^3$
1 баррель нефтяной (США)	0,158988	$1,58988 \cdot 10^2$	1		
1 nm (pt lig) пинта жидкая (англ.)	$5,68281 \cdot 10^{-4}$	0,568281	$4,915 \cdot 10^{-3}$	1	20,00
1 ун. (fl oz) унция жидкостная (англ.)	$2,8488813 \cdot 10^{-5}$	$2,8488813 \cdot 10^{-2}$	$2,45727 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-2}$	1

\* производные:  $\text{дм}^3$ ,  $\text{см}^3$ ,  $\text{мм}^3$ ; вспомогательная единица – литр (л) = 1  $\text{дм}^3$ .

Таблица 5—Соотношение внесистемных единиц давления

Единица давления*	Па	ат	мм Hg	Н/мм <sup>2</sup>
1 Па (СИ) *, паскаль	1	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-6}$
1 ат, физическая атмосфера	$1,01 \cdot 10^5$	1	760	$9,81 \cdot 10^{-2}$
1 мм рт.ст, миллиметр ртутного столба или мм Hg	133,3	$1,36 \cdot 10^{-3}$	1	$1,333 \cdot 10^4$
1 Н/мм <sup>2</sup> *, ньютон на мм <sup>2</sup>	$10^6$	10,2	$7,5 \cdot 10^3$	1

\* производные: ГПа, МПа, мПа, мкПа.

Таблица 6—Соотношение внесистемных единиц энергии, работы и теплоты

Единица измерения*	Дж	эВ	Вт	ккал
1 Дж (СИ), джоуль	1	$6,242 \cdot 10^{18}$	1	$2,388 \cdot 10^{-4}$
1 эВ, электрон-вольт	$1,6021 \cdot 10^{-19}$	1	$1,6021 \cdot 10^{-19}$	$3,827 \cdot 10^{-23}$
1 Вт-с, ватт-секунда	1	$6,242 \cdot 10^{18}$	1	$2,388 \cdot 10^{-4}$
1 ккал, килокалория	$4,1868 \cdot 10^3$	$2,6133 \cdot 10^{22}$	$4,1868 \cdot 10^3$	1

\* производные: ТДж, ГДж, МДж, кДж.

## Литература

1. Агрономов А.Е. Лабораторные работы в органическом практикуме / А.Е. Агрономов, Ю.С. Шабаров. – Москва : Химия, 1974. – 376с.
2. Артеменко А.И. Органическая химия / А.И. Артеменко. – Москва : Высшая школа, 1987. – 350 с.
3. Артеменко А.И. Практикум по органической химии / А.И. Артеменко, И.В. Тикунова, Е.К. Ануфриев. – Москва : Высшая школа, 1983. – 208 с.
4. Барбье М. Введение в химическую экологию / М. Барбье. – Москва : Мир, 1978
5. Бенкс Дж. Названия органической химии / Дж. Бенкс ; пер. с англ. – Москва : Химия, 1980
6. Браун Д. Спектроскопия органических веществ / Д. Браун, А. Флорид, М. Сейнзбери. – Москва : Мир, 1992
7. Гиттис С.С. Практикум по органической химии / С.С. Гиттис, А.И. Глаз, А.В. Иванов. – Москва : Высшая школа, 1991
8. Гордон А. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1976
9. Грандберг И.И. Органическая химия / И.И. Грандберг. – Москва : Высшая школа, 1987
10. Джексон Р.А. Введение в изучение механизма органических реакций / Р.А. Джексон. – Москва : Химия, 1978
11. Домбровский А.В. органічна хімія / А.В. Домбровський. – Київ : Вища школа, 1992. – 502 с.
12. Жданов Ю.А. Теория строения органических соединений / Ю.А. Жданов. – Москва : Высшая школа, 1971
13. Кан Р. Введение в химическую номенклатуру / Р. Кан, О. Дермер ; пер. с англ. – Москва : Химия, 1983
14. Корнілов М.Ю. Хімічна термінологія і номенклатура / М.Ю. Корнілов. – Київ : Українська національна комісія з хімічної термінології і номенклатури, 1995. – вип.1.
15. Кучер Р.В. Реакційна здатність радикалів і молекул в гемолітичних реакціях / Р.В. Кучер, Й.О. Опейда, А.А. Туровський. – Київ : Наукова думка, 1972
16. Марч Д. Органическая химия : в 4 т. / Д. Марч ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1991
17. Матье Ж. Курс теоретических основ органической химии / Ж. Матье, Р. Панико ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1975

18. Нейланд О. Я. Органическая химия / О. Я. Нейланд. – Москва : Высшая школа, 1990
  19. Николаев А.Я. Биологическая химия / А.Я. Николаев. – Москва: Высшая школа, 1989
  20. Овчинников Ю.А. Биорганическая химия / Ю.А. Овчинников. – Москва : Просвещение, 1987
  21. Опейда Й. Тлумачний термінологічний словник з органічної та фізико-органічної хімії / Й. Опейда, О. Швайка. – Київ : Наукова думка, 1997
  22. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии / К. Райхардт ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1991
  23. Робертс Д. Основы органической химии. В 2 т. / Д. Робертс, Н. Касерио. – Москва : Мир, 1978
  24. Сайкс П. Механизм реакций в органической химии / П. Сайкс. – Москва : Химия, 1991
  25. Черних В.П. Посібник до лабораторних і семінарських занять з органічної хімії / В.П. Черних. – Харків : Основа, 1991
  26. Шарп Р. Практикум по органической химии / Р. Шарп. – Москва : Мир, 1994
  27. Шрайнер Р. Идентификация органических соединений / Р. Шрайнер, Р. Кертин, Т. Моррилл ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1983. – 704 с.
- Яцимірський К.Б. Хімічний зв'язок / К.Б. Яцимірський, В.К. Яцимірський. – Київ : Вища школа, 1993. – 316с.

Навчальне видання

Бикова Аліса Саліховна  
Циганков Олександр Валерійович  
Посохов Євген Олександрович

ХІМІЯ

Навчально-методичний посібник з курсу «Химия»  
для студентів спеціальності «Видобуток нафти і газу» і спеціальності  
«Управління і адміністрування підприємств, торгівельна і біржова діяльність»»

Російською мовою

Відповідальний за випуск О.В. Циганков  
Роботу до видання рекомендував В.К. Тимченко

В авторській редакції

План 2017 р., поз. 118

Підп.до друку 2017 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк.  
Наклад 100 прим. Зам. № Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ».  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---

Друкарня НТУ «ХПІ». 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2